

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Carolina Resende Haddad

***FORESIGHT E SISTEMAS DE INOVAÇÃO:
APLICAÇÃO DE TECHNOLOGY ROADMAPS SISTÊMICOS EM
TRÊS SETORES INDUSTRIAIS***

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Uriona Maldonado

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Haddad, Carolina Resende

Foresight e sistemas de inovação : Aplicação de *technology roadmaps* sistêmicos em três setores industriais / Carolina Resende Haddad ; orientador, Mauricio Uriona Maldonado - Florianópolis, SC, 2016.

265 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de Produção. 2. Sistema setorial de inovação. 3. *Technology foresight*. 4. *Technology roadmapping*. I. Uriona , Mauricio Maldonado. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

Carolina Resende Haddad

***FORESIGHT E SISTEMAS DE INOVAÇÃO:
APLICAÇÃO DE TECHNOLOGY ROADMAPS SISTÊMICOS EM
TRÊS SETORES INDUSTRIAIS***

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia de Produção”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 26 de fevereiro de 2016.

Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Mauricio Uriona Maldonado, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Álvaro Guillermo Rojas Lezana, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Pablo Felipe Bittencourt, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus pais e meu padrasto que sempre acreditaram em mim e não mediram esforços ao investir em minha educação. Aos meus quatro avós que são meus exemplos de vida. Aos meus dois irmãos e meu namorado que trazem alegria para a minha vida. A todas as pessoas que acreditaram na eficácia do ensino, no professor e que busca a autorrealização, como sentido para suas vidas.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Mauricio Uriona Maldonado pela orientação nesses dois anos de mestrado. Obrigada pelo estímulo e incentivo ao tema de pesquisa, pela liberdade concedida para desenvolver minhas ideias e pela sabedoria em identificar meu interesse acadêmico.

Destaco profundo agradecimento à minha família. Agradeço aos meus pais, Renê e Cláudia, e meu padrasto, Antônio Marcos Canavese, por acreditarem no meu potencial e me apoiarem. Aos meus quatro avós que sempre me apoiaram e são exemplos para a minha vida. Ao meu namorado, Gustavo Banegas e ao meu irmão, Gabriel, pela dedicação e compreensão no desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço aos Professores Dr. Álvaro Lezana, Acires Dias, Jonny Carlos da Silva, Mauricio Uriona Maldonado e ao Dr. Dante Juliatto, além da Federação das Indústrias de Santa Catarina (FIESC), pela oportunidade em participar do Projeto Rotas Estratégicas para as Indústrias Emergentes de Santa Catarina.

À UFSC e ao Laboratório de Empreendedorismo (LEMP) por proporcionarem a infraestrutura necessária para a realização do trabalho. Aos professores do curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, responsáveis por repassar conhecimentos e experiências fundamentais para a formação acadêmica dos pós-graduandos do curso.

Aos meus colegas do LEMP e demais colegas da pós-graduação, que contribuíram de diversas formas durante o mestrado. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) por conceder o auxílio que viabilizou meu mestrado.

Agradeço a Deus, por tornar possível a minha caminhada e estar presente constantemente em minha vida.

Remember to look up at the stars and not down at your feet. Try to make sense of what you see and wonder about what makes the Universe exist. Be curious, and however difficult life may seem, there is always something you can do, and succeed at. It matters that you don't just give up.

(Stephen Hawking, 2012)

RESUMO

Este trabalho objetivou propor um método que operacionalizasse a abordagem do Sistemas de Inovação (SI) para a prática de *foresight*. O *foresight* é uma das técnicas mais difundidas para fazer análises futuro orientadas e sua literatura percorreu um longo caminho até entender a necessidade de integrar uma visão sistêmica e dinâmica ao seu desenvolvimento. Tendo isso em vista, recentemente foi apresentado o conceito de *Innovation System Foresight* (ISF). Apesar deste propor a integração entre Sistemas de Inovação e *foresight*, o ISF não deixa claro como proceder a análise do sistema de inovação e nem como integrar os resultados com as atividades de *foresight*. Esta dissertação buscou contribuir com essas lacunas, incorporando as funções do Sistemas de Inovação (SI), que é uma tentativa de caracterização desse sistema apresentado na literatura de SI, e o processo de *Technology Roadmapping* (TRM), que apresenta também características sistêmicas, mas ainda é pouco explorado como método de *foresight*. Assim, o primeiro faria a análise do sistema de inovação e o segundo atuaria como o integrador dessa análise à atividade de TF. Para operacionalizar essa integração, três setores industriais foram analisados sob a ótica do ISF setorial: automotivo, aeronáutico e ferroviário. A seleção dessas indústrias se deu devido à uma demanda prática da Federação das Indústrias de Santa Catarina (FIESC) em desenvolver rotas estratégicas para as indústrias emergentes, tendo em vista sua alta importância estratégica, sua alta intensidade tecnológica e ao fato de serem promotoras de desenvolvimento econômico. Os resultados indicaram fatores políticos chave para desenvolver essas indústrias e apresentaram as principais estratégias para ampliar a competitividade destas. Ao mesmo tempo, a incorporação da análise das funções do SI e o uso do TRM como fator operacionalizador desta análise ao *foresight* contribuiu para as lacunas apontadas pela literatura.

Palavras-chave: Sistema setorial de inovação, *technology foresight*, *technology roadmapping*.

ABSTRACT

This study aimed at proposing a method to operationalize the Innovation System (IS) approach to foresight practice. Foresight is one of the most widespread techniques to make future-oriented analysis and its literature has come a long way to understanding the need to integrate a systemic and dynamic view of its development. Recently, it was presented the concept of Innovation Systems Foresight (ISF). Although this proposes an integration between Innovation Systems (IS) and foresight, the ISF does not make it clear how to analyze the innovation system and neither how to integrate the results with the activities of foresight. This research sought to contribute to these gaps, incorporating the functions of the IS, which is an attempt to characterize this system, and the Technology Roadmapping (TRM) process, which also has systemic features, but it is still little explored in foresight literature. Thus, the first one would analyze the innovation system and the second one would integrate the results from that analysis to the foresight activity. To operationalize this integration, three Santa Catarina industries were analyzed considering the Sectoral ISF perspective. It was considered the automotive, aeronautic and railway industries. These industries were selected due to a practical demand of the Industry Federation of Santa Catarina (FIESC) to develop roadmaps for the emerging industries, given its strategic importance, its high technological intensity and the fact that they are drivers of economic growth. The results indicated key policy aspects for developing these industries and presented the main strategies to increase their competitiveness. At the same time, the incorporation of the analysis of the functions of SI and the use of TRM as an integrating factor in this analysis contributed to the gaps identified in the foresight literature.

Keywords: Sectoral Systems of Innovation, technology foresight, technology roadmapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de análise.....	57
Figura 2 - Funções relativas à política de foresight.....	70
Figura 3 - Processos e métodos do ciclo de foresight.....	71
Figura 4 - Processo de foresight.....	73
Figura 5 - Processo de foresight e metodologias sugeridas para cada etapa.	75
Figura 6 - Exercício de foresight hipotético.....	78
Figura 7 - Fases da metodologia do Foresight Sistemico.....	79
Figura 8 - Etapas genéricas do ISF.....	82
Figura 9 - O diamante do foresight.....	85
Figura 10 - Fatores que influenciam a escolha do método de foresight.....	87
Figura 11 - Os 10 métodos de foresight mais aplicados por região.....	89
Figura 12 - Classificação dos métodos de foresight por tipo de técnica.	91
Figura 13 - Caracterização de roadmaps: propósito e formatos.....	99
Figura 14 - Fluxo do processo de TRM sugerido pela EIRMA.....	107
Figura 15 - Fatores sugeridos para a construção do TRM.....	109
Figura 16 - Estruturação do processo de roadmapping sugerida por Groenveld.....	111
Figura 17 - Processo standard e customizado do T-Plan.....	118
Figura 18 - Etapas do S-Plan.....	120
Figura 19 – Método proposto.....	124
Figura 20 - Etapas do S-Plan fast-start customizado.....	126
Figura 21 - CNAEs 29 e 30 englobados no ISF.....	130
Figura 22 - Estrutura geográfica e organizacional da indústria automotiva.	138
Figura 23 - Mecanismos de indução e bloqueio e aspectos políticos da indústria automotiva.....	150
Figura 24 - TRM para a indústria automotiva.....	155
Figura 25 - Mecanismos de indução e bloqueio e aspectos políticos da indústria aeronáutica.....	171
Figura 26 - TRM para a indústria aeronáutica.....	177
Figura 27 - Trecho Itajaí - Herval D'Oeste - São Miguel do Oeste - Dionísio Cerqueira.....	184
Figura 28 - Mecanismos de indução e bloqueio e aspectos políticos da indústria ferroviária.....	193
Figura 29 - TRM para a indústria ferroviária.....	198

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tentativas de identificar funções do sistema de inovação (Parte 1).	51
Quadro 2 - Tentativas de identificar funções do sistema de inovação (Parte 2).....	52
Quadro 3 - Objetivos do foresight.....	67
Quadro 4 - Vantagens e limitações do TRM encontradas na literatura.	103
Quadro 5 - Dados do panorama da indústria aeronáutica mundial e brasileira.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAR – *Association of America Railroads* (Associação Americana de Ferrovias)
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABIFER – Associação Brasileira da Indústria Ferroviária
AEB – Agência Espacial Brasileira
ALL – América Latina Logística
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ANFT – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
ANPTrilhos – Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos
BMW – *Bayerische Motoren Werke*
BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento
CECOMPI – Centro para a Competitividade e Inovação do Cone Leste Paulista
CONEB – Congresso Nacional das Engenharias da Mobilidade
CTI – Ciência, Tecnologia e Inovação
DCTA – Departamento de Ciência Tecnologia Aeroespaciais
EESC – Escola de Engenharia de São Carlos
EASA – *European Aviation Safety Agency* (Agência Europeia de Segurança de Aviação)
EIRMA – *European Industrial Research Management Association* (Associação Europeia de Gerenciamento de Pesquisas Industriais)
EFMN – *European Foresight Monitoring Network* (Rede Europeia de Monitoramento de Foresight)
EURO - *European Emission Standard* (Padrão Europeu de Emissões)
FIESC – Federação das Indústrias de Santa Catarina
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
FIS – Foresight para Sistemas de Inovação
FTC – Ferrovia Tereza Cristina S.A.
GM – General Motors
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
iBR2020 – Programa de Fomento à Certificação de Projetos de Aeronaves de Pequeno Porte
IFI – Instituto de Fomento e Coordenação Industrial
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MIT – *Massachussetts Institute of Technology*
OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*
(Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico)
PAC – Plano Acelerador do Crescimento
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PIB – Produto Interno Bruto
PGA - Programa de Gestão Ambiental
PNLT – Plano Nacional de Logística e Transporte
PRODEC – Programa de Desenvolvimento da Empresa Catarinense
REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura
REPORTO – Regime Tributário para Incentivo à Modernização e à Ampliação da Estrutura Portuária
SAR – Superintendência de Aeronavegabilidade
SENAI – Serviço Nacional de Aprendizado Industrial
SI – Sistemas de Inovação
SIE SC – Secretaria de Estado de Infraestrutura de Santa Catarina
TRM – *Technology Roadmapping*
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UIC – *International Union of Railways* (União Internacional de Ferrovias)
UNIDO – *United Nations Industrial Development Organization*
(Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial)
UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá
USP – Universidade de São Paulo (USP)
VAF – Valor Adicionado Fiscal
VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	27
1.2 OBJETIVOS.....	30
1.2.1 Objetivo Geral.....	30
1.2.2 Objetivos Específicos.....	30
1.3 JUSTIFICATIVA.....	31
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	34
1.5 ADERÊNCIA DA PESQUISA COM A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....	34
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	35
2 SISTEMAS DE INOVAÇÃO.....	37
2.1 DEFINIÇÕES E TIPOLOGIAS.....	37
2.2 SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO.....	40
2.3 A ABORDAGEM FUNCIONALISTA DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO.....	42
2.3.1 Atividades empreendedoras.....	54
2.3.2 Desenvolvimento de conhecimento.....	54
2.3.3 Difusão do conhecimento através da rede.....	54
2.3.4 Orientação à pesquisa.....	55
2.3.5 Formação de mercado.....	55
2.3.6 Mobilização de recursos.....	55
2.3.7 Criação da legitimidade do setor.....	55
2.3.8 Esquema de análise da funcionalidade do sistema.....	56
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	60
3 TECHNOLOGY FORESIGHT – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA.....	63
3.1 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DO TECHNOLOGY FORESIGHT.....	63
3.1.1 Objetivos do Technology Foresight.....	66
3.1.2 Foresight e o desenvolvimento de políticas.....	69
3.2 TIPOLOGIAS DO PROCESSO DE TECHNOLOGY FORESIGHT.....	70
3.2.1 Miles (2002) e Popper (2008a, 2008b).....	70
3.2.2 Voros (2003).....	75
3.2.3 Eriksson e Weber (2008).....	76
3.2.4 Costa et al. (2008).....	77
3.2.5 Saritas (2013).....	79
3.2.6 Andersen e Andersen (2014).....	80
3.3 MÉTODOS DE TECHNOLOGY FORESIGHT.....	83
3.3.1 Delphi.....	92
3.3.2 Painel de especialistas.....	92

3.3.3	Cenários.....	92
3.3.4	Revisão de literatura.....	93
3.3.5	Análise SWOT.....	93
3.3.6	Technology roadmapping.....	93
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	94
4	TECHNOLOGY ROADMAPPING	95
4.1	DEFINIÇÃO E TIPOLOGIAS	96
4.1.1	Tipos de TRM: propósito e formato.....	98
4.1.1.1	Quanto ao tipo/propósito.....	100
4.1.1.2	Quanto aos formatos	101
4.1.2	Benefícios.....	102
4.2	O PROCESSO DE TECHNOLOGY ROADMAPPING.....	105
4.2.1	EIRMA (1997 apud CAVIN, 2012)	105
4.2.2	Groenveld (1997).....	110
4.2.3	Garcia e Bray (1997) e Strauss, Radnor e Peterson (1998).....	112
4.2.4	Lee et al. (2007)	114
4.2.5	Daim e Oliver (2008).....	115
4.2.6	Phaal, Farrukh e Probert (2001, 2004, 2007).....	115
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	121
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	123
5.1	CONSTRUÇÃO DO MÉTODO	123
5.1.1	Definir o objetivo do foresight e do sistema.....	125
5.1.2	Planejar o roadmap	125
5.1.3	Mapear funções e tendências	127
5.1.4	Definir a visão e os mecanismos do sistema	127
5.1.5	Especificar as políticas chaves	127
5.1.6	Construir o roadmap.....	127
5.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	128
5.2.1	O Projeto Rotas Estratégicas Setoriais da FIESC.....	128
5.2.2	Instrumentos de pesquisa e coleta de dados	128
5.2.2.1	Classificação das atividades econômicas	129
5.2.2.2	Entrevistas com especialistas	131
5.2.2.3	Pesquisa documental	132
5.2.2.4	Workshops	132
5.2.2.4.1	<i>Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema.....</i>	<i>132</i>
5.2.2.4.2	<i>Workshop 2 – Construir a visão</i>	<i>132</i>
5.2.2.4.3	<i>Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio.....</i>	<i>133</i>
5.2.2.4.4	<i>Workshop 4 – Especificar as questões políticas chaves.....</i>	<i>133</i>
5.2.3	Definir o objetivo do foresight e do sistema.....	133
5.2.4	Planejar o roadmap	133
5.2.5	Mapear as funções e as tendências	134
5.2.6	Definir a visão e os mecanismos do sistema	135

5.2.7	Especificar as políticas chaves.....	135
5.2.8	Construir o roadmap	135
6	ISF DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	137
6.1	BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR.....	137
6.2	DEFINIR O OBJETIVO DO FORESIGHT E DO SISTEMA.....	141
6.2.1	Definir o objetivo do foresight	141
6.2.2	Definir o sistema.....	141
6.2.3	Definir os componentes estruturais	141
6.3	PLANEJAR O ROADMAP	142
6.4	MAPEAR FUNÇÕES E TENDÊNCIAS	143
6.4.1	Mapear o padrão funcional do sistema	143
6.4.1.1	Atividades empreendedoras	143
6.4.1.2	Desenvolvimento do conhecimento	144
6.4.1.3	Difusão do conhecimento na rede	144
6.4.1.4	Orientação à pesquisa.....	145
6.4.1.5	Formação de mercado	146
6.4.1.6	Mobilização de recursos.....	146
6.4.1.7	Criação de legitimidade.....	147
6.4.2	Analisar tendências.....	147
6.4.3	Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema.....	147
6.5	DEFINIR A VISÃO E OS MECANISMOS DO SISTEMA	148
6.5.1	Workshop 2 – Construir a visão	148
6.5.2	Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio.....	148
6.6	ESPECIFICAR AS POLÍTICAS CHAVES.....	151
6.6.1	Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave	151
6.7	CONSTRUIR O ROADMAP	151
6.7.1	Atividades empreendedoras	152
6.7.2	Desenvolvimento do conhecimento	152
6.7.3	Difusão do conhecimento na rede	153
6.7.4	Orientação à pesquisa.....	153
6.7.5	Formação de mercado	153
6.7.6	Mobilização de recursos	154
6.7.7	Criação de legitimidade	154
6.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	156
7	ISF DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA	157
7.1	BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR ..	157
7.2	DEFINIR OS OBJETIVOS DO FORESIGHT E DO SISTEMA	161
7.2.1	Definir o objetivo do foresight	161
7.2.2	Definir o sistema.....	161
7.2.3	Definir os componentes estruturais	161
7.3	PLANEJAR O ROADMAP	162

7.4	MAPEAR FUNÇÕES E TENDÊNCIAS	163
7.4.1	Mapear o padrão funcional do sistema	163
7.4.1.1	Atividades empreendedoras	163
7.4.1.2	Desenvolvimento do conhecimento	164
7.4.1.3	Difusão do conhecimento na rede	164
7.4.1.4	Orientação à pesquisa	165
7.4.1.5	Formação de mercado	166
7.4.1.6	Mobilização de recursos	167
7.4.1.7	Criação de legitimidade	167
7.4.2	Analisar tendências.....	168
7.4.3	Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema	168
7.5	DEFINIR A VISÃO E OS MECANISMOS DO SISTEMA	168
7.5.1	Workshop 2 – Construir a visão	168
7.5.2	Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio.....	169
7.6	ESPECIFICAR AS POLÍTICAS CHAVES	172
7.6.1	Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave	172
7.7	CONSTRUIR O ROADMAP	173
7.7.1	Atividades empreendedoras.....	173
7.7.2	Desenvolvimento do conhecimento.....	173
7.7.3	Difusão do conhecimento na rede	174
7.7.4	Orientação à pesquisa.....	174
7.7.5	Formação de mercado	174
7.7.6	Mobilização de recursos	175
7.7.7	Criação de legitimidade.....	176
7.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	178

8 ISF DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA 179

8.1	BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR ..	179
8.2	DEFINIR O OBJETIVO DO FORESIGHT E DO SISTEMA	184
8.2.1	Definir o objetivo do foresight	184
8.2.2	Definir o sistema	184
8.2.3	Definir os componentes estruturais.....	185
8.3	PLANEJAR O ROADMAP	185
8.4	MAPEAR FUNÇÕES E TENDÊNCIAS	186
8.4.1	Mapear o padrão funcional do sistema de inovação	186
8.4.1.1	Atividades empreendedoras	186
8.4.1.2	Desenvolvimento do conhecimento	187
8.4.1.3	Difusão do conhecimento na rede	188
8.4.1.4	Orientação à pesquisa	188
8.4.1.5	Formação de mercado	189
8.4.1.6	Mobilização de recursos	190
8.4.1.7	Criação de legitimidade	190
8.4.2	Analisar tendências.....	191
8.4.3	Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema	191

8.5	DEFINIR A VISÃO E OS MECANISMOS DO SISTEMA	191
8.5.1	Workshop 2 – Construir a visão	191
8.5.2	Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio.....	191
8.6	ESPECIFICAR AS POLÍTICAS CHAVES.....	194
8.6.1	Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave	194
8.7	CONSTRUIR O ROADMAP	194
8.7.1	Atividades empreendedoras	195
8.7.2	Desenvolvimento do conhecimento	195
8.7.3	Difusão do conhecimento na rede	196
8.7.4	Orientação à pesquisa	196
8.7.5	Formação de mercado	196
8.7.6	Mobilização de recursos	197
8.7.7	Criação de legitimidade	197
8.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	199
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	201
9.1	CONTRIBUIÇÕES	201
9.1.1	Contribuições para a teoria.....	201
9.1.2	Contribuições para as indústrias	202
9.1.3	Contribuições para a academia.....	203
9.1.4	Contribuições para os especialistas	203
9.2	DELIMITAÇÃO E ESTUDOS FUTUROS	203
	REFERÊNCIAS.....	207
	APÊNDICE A – PROCEDIMENTOS PARA A SELEÇÃO DOS ARTIGOS	229
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA ADAPTADO AO MÉTODO PROPOSTO	233
	APÊNDICE C – TENDÊNCIAS IDENTIFICADAS PARA AS INDÚSTRIAS EMERGENTES.....	235
	APÊNDICE D – TÉCNICAS DE FACILITAÇÃO DOS WORKSHOPS	239
	APÊNDICE E – TRM DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA	243
	APÊNDICE F – TRM DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA.....	251
	APÊNDICE G – TRM DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA.....	259

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação surge a partir dos recentes avanços na literatura a respeito da utilização da visão sistêmica e dinâmica da inovação para a prática de *foresight*, uma técnica de análise futuro-orientada. Este trabalho analisa as principais lacunas que permeiam essa integração e propõe um método para operacionalizá-la. Este método compõe-se de um *technology roadmapping* como ferramenta de *technology foresight* à perspectiva de Sistemas de Inovação (SI). A fim de verificar sua aplicabilidade, o método proposto é verificado em três indústrias, identificadas pela Federação das Indústrias de Santa Catarina (FIESC) como sendo emergentes de Santa Catarina: automotiva, aeronáutica e ferroviária.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Desde a década de 1950, várias técnicas foram desenvolvidas com o intuito de antecipar e moldar o desenvolvimento tecnológico no longo prazo (CAGNIN *et al.*, 2008). Entre estas técnicas, denominadas técnicas de análise futuro-orientadas, podem-se citar *forecasting*, avaliação tecnológica e *Technology foresight* (TF). Dentre elas, uma das técnicas mais enfatizada é o TF, como um instrumento sistemático de exploração do futuro, por meio da construção de visões e identificação de políticas (SARITAS, BURMAOGLU, 2015). Como apontado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO, 2005), a utilização do TF para desenvolvimento tecnológico está em alta, uma vez que este é usado para o desenvolvimento de políticas e estratégias e, ao mesmo tempo, apoia o a inovação nos domínios gerenciais e de transferência tecnológica.

O TF descreve uma ampla categoria de estudos que lidam com o processo de planejamento da ciência, tecnologia e inovação (CTI) e das atividades à luz do desenvolvimento futuro de longo prazo (MARTIN, 2010; MILES, 2010). O TF evoluiu rápido nos últimos anos, tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos (CAGNIN *et al.*, 2008). Em termos qualitativos, os estudos de TF foram desde estudos puros de *forecasting* até aqueles envolvendo sistemas de inovação (SI)¹. Em

¹ Um sistema de inovação pode ser entendido como sendo um conjunto de atores, as relações entre eles e as instituições (entendidas nesta dissertação como legislações, políticas, e outras “regras do jogo”) que levam à produção, difusão e uso de um conhecimento novo e economicamente útil (LUNDVALL, 1992).

termos quantitativos, países e regiões em todo o mundo utilizam TF para o planejamento de CTIs, como por exemplo, Japão, Coreia do Sul, países da União Europeia, os Estados Unidos e organizações supranacionais, como a OECD (GRUPP; LINSTONE, 1999).

Uma recente corrente literária sugere o uso do pensamento sistêmico para promover o desenvolvimento de TF (SARITAS, 2013). Outros esforços foram desenvolvidos a fim de entender como *foresights* podem contribuir para a análise de diferentes tipos de sistemas de inovação² (MARTIN; JOHNSTON, 1999; ALKEMADE; KLEINSCHMIDT; HEKKERT, 2007; HAVAS; SCHARTINGER; WEBER, 2010; CAGNIN; AMANATIDOU; KEENAN, 2012). Estas abordagens, entretanto, não indicam como o Sistema de Inovação pode contribuir para a prática do *Technology Foresight*, sendo seu foco direcionado em como o TF pode contribuir para a análise do SI e desenvolvimento de políticas (ANDERSEN *et al.*, 2014).

Além do mais, apesar dos avanços no conceito de TF, a literatura ainda apresenta outras lacunas adicionais: i) as atuais dificuldades de focar os exercícios de *foresight* na implementação e na condução do processo de mudança estrutural, não se limitando apenas à indicação de prioridades (EDLER; GEORGHIOU, 2007); e ii) o reconhecimento do TF se encontrar em um ambiente complexo, podendo afetar tanto o seu processo quanto seu impacto nas atividades inovadoras (CARIOLA; ROLFO, 2004).

Andersen e Andersen (2014) propuseram um mecanismo de integração entre o uso de ferramentas de *foresight* com a visão do ambiente, ou seja, a visão de SI. Este mecanismo foi denominado de Foresight para Sistema de Inovação (em inglês, *Innovation System Foresight* – denotado por ISF) e corresponde a um processo, sistêmico, sistemático, participativo, agrupador e de longo-prazo que visa auxiliar a tomada de decisão no presente, promovendo ações conjuntas para melhorar o desempenho do sistema de inovação com o objetivo maior de orientá-lo ao comportamento futuro desejado. Entretanto, essa abordagem integrativa é ainda pouco explorada, a não ser pelo trabalho de Andersen

² Existem, na literatura, diferentes níveis e dimensões de sistemas de inovação, como sistema nacional de inovação (LUNDVALL, 1992; FREEMAN, 1987), sistema regional de inovação (COOKE; URANGA; ETXEBARRIA, 1997), sistema setorial de inovação (MALERBA, 2002, 2004) e sistema tecnológico de inovação (BERGEK *et al.*, 2008; HEKKERT *et al.*, 2007; ALKEMADE; KLEINSCHMIDT; HEKKERT, 2007).

et al. (2014), e não deixa claro proceder a análise do sistema de inovação e nem como integrar os resultados com as atividades de *foresighting*.

Ainda, sobre as lacunas de pesquisa identificadas na área de TF, pode-se mencionar o fato de existir um grande número de métodos e ferramentas, o que dificulta a caracterização genérica das atividades e dos procedimentos a serem adotados para a aplicação de um exercício de TF. Neste sentido, a proposta de Andersen e Andersen (2014) não deixa claro quais métodos usar no ISF e nem como estes devem ser aplicados para integrar SI e foresight. Entre os métodos de TF, o *technology roadmapping* (TRM) relaciona diferentes dimensões do macro e microambiente: tecnologia, políticas, negócios, aspectos sociais e outros com o objetivo de promover inovações (DAIM; OLIVER, 2008; GARCIA; BRAY, 1997; LEE; PARK, 2005; MOEHRLE; ISENMANN; PHAAL, 2013; SARITAS; AYLEN, 2010).

Aproveitando a característica sistêmica do TRM, o mesmo pode contribuir com a integração do TF com o sistema de inovação, porém, atualmente a literatura é escassa neste sentido, salvo alguns trabalhos como os de Barker e Smith (1995), Saritas e Oner (2004), Ahlqvist, Valovirta e Loikkanen (2012) e Vishnevskiy, Karasev e Meissner (2015).

Com relação ao outro elemento importante nesta integração, o sistema de inovação, a literatura também apresenta lacunas de pesquisa, dentre as quais, a mais relevante para este trabalho se refere ao fato das dificuldades para caracterizar – apropriadamente – o sistema de inovação (HEKKERT *et al.*, 2007; EDQUIST, 2004), ou seja, identificando claramente o que faz parte e o que não faz parte do sistema. Neste sentido, Hekkert *et al.* (2007) apontam para duas lacunas principais. Primeiramente, ao fato de que as análises do Sistemas de Inovação, até a proposta das funções, ou seja, das atividades e processos de um SI, davam mais ênfase à comparação das relações entre atores e instituições (legislação e outros) e menos na dinâmica do sistema em si. Edquist (2001) destaca que não é suficiente analisar essas relações – atores-instituições – para compreender tudo o que ocorre nos sistemas.

O segundo aspecto aponta para o fato de que a maioria das análises do sistema foca, principalmente, no nível macro, ou seja, na análise dos atores e das instituições, deixando de lado a análise do nível micro, ou seja, das ações empreendedoras dos agentes econômicos. Ainda de acordo com os autores, esses empreendedores são capazes de promover mudanças estruturais no sistema e apontá-lo para novas direções. Como colocado por Edquist (2001), inovação é um ato tanto individual quanto coletivo.

Nesta linha, vários autores têm sugerido uma abordagem funcionalista, na qual além da identificação de atores e suas interrelações (caracterização da estrutura do sistema), identificam-se também, atividades-chave que devem existir dentro do sistema, para garantir um adequado “funcionamento” do mesmo³. Autores como Andersen e Andersen (2014) sugerem o uso de tais funções para o adequado mapeamento do sistema de inovação objetivando a integração com o TF, porém, nesta linha, poucos são, ainda, os trabalhos desenvolvidos, a exceção de Alkemade, Kleinschmidt e Hekkert (2007), abrindo, também, oportunidades para a ampliação das pesquisa nesta área.

Em síntese, o problema principal dessa dissertação está relacionado ao fato de que não está claro na literatura como operacionalizar a abordagem do SI para a prática de *foresight*. Decorrente disso, pode-se considerar também os seguintes outros fatores específicos:

- A corrente funcionalista da literatura de SI vem trabalhando em prol da análise dinâmica do sistema, que considere ambos os níveis macro e micro;
- Em relação à literatura de foresight, há dificuldades em utilizá-lo como processo de mudança estrutural e de compreender o ambiente complexo em que este é desenvolvido. O ISF vem como meio de relacionar o SI e o processo de foresight;
- Apesar dos avanços atuais para fazer a integração entre SI e *foresight*, ainda não está claro como se deve proceder a análise do sistema e nem como integrá-la às atividades do foresight.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é propor um método que operacionalize o *technology roadmapping* (TRM) como ferramenta de *technology foresight* (TF) à perspectiva de Sistemas de Inovação (SI).

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos para a realização da pesquisa são:

³ De acordo com Hekkert *et al.* (2007), as funções de um sistema de inovação correspondem às atividades que ocorrem neste sistema e que geram mudança tecnológica, tendo o papel de gerar e difundir inovações.

- Identificar os modelos para análise de SI disponíveis na literatura;
- Identificar os modelos e métodos de *foresight* disponíveis na literatura;
- Propor um método que integre SI e *foresight* por meio do *technology roadmapping*;
- Verificar a aplicabilidade do método proposto.

1.3 JUSTIFICATIVA

Pode-se compreender a contribuição da abordagem sistêmica ao TF a partir do entendimento dos atores, instituições, modos de conhecimento/ inovação e infraestrutura científica e tecnológica. Primeiramente, dentro da teoria de sistema de inovação, é necessário que se identifique os atores, bem como o tipo de influência e poder que estes exercem dentro do SI (ANDERSEN; ANDERSEN, 2014). No ISF, identificar o papel de cada ator é crítico para conduzir e implementar os resultados do TF.

Em segundo lugar, as instituições do SI são altamente heterogêneas (LUNDVALL, 1992). Alguns tipos de instituições podem ser alteradas por meio da reforma ativa de regulamentos e padrões. Neste sentido, o ISF pode auxiliar a identificar as instituições que devem ser alteradas a fim de implementar plenamente as estratégias recomendadas pelo exercício de TF.

Em terceiro lugar, na literatura de SI, há duas formas de conhecimento e modos de inovação. A primeira é o modo Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) e o segundo o modo Fazer, Utilizar e Interagir (FUI) (JENSEN *et al.*, 2007). O modo CTI refere-se à ciência e ao conhecimento tecnológico produzidos pelos atores do sistema. O modo FUI refere-se ao conhecimento adquirido por fazer, utilizar e interagir, o que é realizado principalmente pelas próprias organizações, por meio do processo de aprender fazendo e aprender por meio da interação com clientes, fornecedores e demais atores do sistema. Ainda de acordo com os autores, ambos os modos de inovação são relevantes e, portanto, políticas relacionadas a ciência e tecnologia devem abranger todos os dois modos.

Por fim, a infraestrutura de ciência e tecnologia, outro elemento chave dentro da literatura de SI (URIONA; SANTOS; VARVAKIS, 2012), também são foco do exercício de TF. Assim como os atores e as instituições, a infraestrutura científica e tecnológica também são únicas

de cada sistema de inovação e, assim, são cruciais para a melhoria do SI. Dessa forma, o ISF integra as necessidades e capacidade desta infraestrutura às necessidades e capacidades dos outros elementos do SI.

Dadas as contribuições do SI ao TF, o TRM vem como meio de integrar os resultados da análise do sistema às atividades de *foresight*. Além do TRM ser uma abordagem que relaciona tecnologia, políticas, negócios e aspectos sociais com o objetivo de promover inovações, como mencionado anteriormente, ele satisfaz os fatores de escolha do método de *foresight*. Saritas e Bumaoglu (2015) apontam os seguintes fatores: experiências anteriores de *foresight*, disposição de recursos financeiros e intelectuais, limitação de tempo, nível de participação e engajamento de *stakeholders*, capacidade de combinação de métodos, customização, requisitos qualitativos e quantitativos de dados e conhecimento da metodologia.

Além disso, o TRM é considerado um *framework* que representa planos estratégicos e analisa a coevolução e o desenvolvimento de tecnologias, produtos e mercados (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). Sua estrutura permite entender as relações entre áreas tecnológicas, performance do sistema e indicadores industriais (PHAAL, 2002). Dentro da literatura de SI, estes fatores, que são apontados no TRM como *drivers*, podem ser analisados sob a ótica das funções (HADDAD *et al.*, 2015), por serem as atividades primárias que devem ser atendidas a fim de atingir os objetivos do sistema (HEKKERT *et al.*, 2007; BERGEK *et al.*, 2008).

A fim de demonstrar a integração do SI e TF por meio de um TRM, selecionaram-se três indústrias de Santa Catarina: automotiva, aeronáutica e ferroviária, identificadas como setores emergentes no estado. A seleção dessas indústrias se deu devido à uma demanda prática da FIESC em desenvolver rotas estratégicas para essas indústrias. Este projeto foi intitulado de Rotas Estratégicas Setoriais para as Indústrias Emergentes (FIESC, 2014c) e faz parte do Programa de Desenvolvimento da Indústria Catarinense (PDIC)⁴.

A aplicação de um ISF setorial justifica-se pelos motivos a seguir:

- i) são setores emergentes (ou seja, existe pouco adensamento industrial);
- ii) o ISF ajudaria a direcionar os esforços de longo prazo para o estabelecimento e fortalecimento desses três setores em SC;
- iii) o TRM – como método de operacionalização do ISF – ajudaria a identificar as

⁴ O PDIC tem como objetivo maior posicionar a indústria Catarinense como protagonista do desenvolvimento, colocando-a em posição de destaque nos cenários nacional e internacional (FIESC, 2015a).

relações de causa-efeito necessárias para a projeção de um cenário atual (setores emergentes com pouca contribuição ao PIB do Estado), para um cenário futuro (setores fortes e importantes para o PIB do Estado).

Primeiramente, como as indústrias automotiva, aeronáutica e ferroviária apresentam pouco adensamento industrial, o ISF poderia, inicialmente, ajudar a identificar sua dinâmica emergente, pontos fortes e fracos e principais elementos constituintes de cada um dos sistemas. Em segundo lugar e com base nisso, o ISF poderia sugerir melhor as políticas que devem ser conduzidas tendo em vista o desenvolvimento desses três setores no longo prazo. Em terceiro lugar, o TRM ajudaria integrar o contexto atual e projetá-lo para futuro desejado no estado para estes três setores.

Um dos fatores que dá indícios do atual contexto emergente das indústrias é o Valor Adicionado Fiscal (VAF). Em Santa Catarina, em 2010, a indústria catarinense representou 51% do VAF total. Neste período, os setores de veículos e carrocerias (indústria automotiva) e de outros transportes (indústrias aeronáutica e ferroviária), representaram, respectivamente, apenas 1,4% e 0,7% do VAF. Em relação a emprego e número de estabelecimentos do estado, cuja indústria representa 40,6% e 27,8%, respectivamente, os setores de veículos e carrocerias representaram, em 2011, 1,7% dos empregos e 0,7% dos estabelecimentos. Já os setores de outros transportes representaram, neste mesmo período, 0,7% e 0,2%, respectivamente (FIESC, 2013b).

Estes valores são indicativos da falta de representatividade dos três setores na indústria catarinense. Em contrapartida, as três indústrias possuem posição nacional e internacional estratégica, devido ao seus potenciais de mercado e inovação tecnológica (FIESC, 2013a). A indústria automotiva é a mais global das indústrias, sendo caracterizada como uma indústria de capital intensivo com integração vertical e economia de escala (HUMPHREY; MEMEDOVIC, 2003; SCHULZE; MACDUFFIE; TAUBE, 2015). A indústria aeronáutica é de caráter estratégico para o desenvolvimento de um país (LIMA *et al.*, 2005), sendo que seu estudo “é de grande importância para se compreender o desenvolvimento econômico, tecnológico e empresarial do país” (FERREIRA *et al.*, 2009, p.1). O setor ferroviário, por sua vez, apresenta-se como um transformador econômico, pois assume um papel estratégico na composição da matriz de transporte (CNT, 2013).

Dessa forma, apresenta-se a oportunidade de demonstrar o uso do ISF para as indústrias emergentes. O *framework* geral desse trabalho é um ISF setorial, que relaciona as características e complexidades específicas dos setores, sob o ponto de vista sistêmico, para desenvolver, difundir e

utilizar o conhecimento inovativo e tecnológico (MALERBA, 2002) no longo prazo. Ligado a abordagem setorial, as funções atuarão como indicadores para um exercício de *roadmapping*, a fim de identificar, sob a ótica política, quais os fatores cruciais para o desenvolvimento das indústrias emergentes em Santa Catarina.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento dessa dissertação, foi inicialmente conduzida uma pesquisa bibliográfica para identificar os principais artigos e publicações sobre os três temas tratados: sistemas de inovação, *foresight* e *technology roadmapping*. A descrição do procedimento para a seleção dos artigos está detalhada no Apêndice A.

Em seguida, houve a construção do método proposto, que buscou integrar as três abordagens. Primeiramente, a contribuição de Andersen e Andersen (2014) para o design de um ISF. Em segundo lugar, o esquema de análise proposto por Bergek *et al.* (2008) para a análise das funções e identificação das políticas chave do sistema de inovação. Por fim, o processo S-Plan *fast-start* (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2007) customizado, como fator integrador entre funções do sistema de inovação e o processo de *foresight*. Estas funções atuaram como os *drivers* da rota, com o papel de ditar o processo de tomada de decisão normativo de um ponto de vista de políticas.

Para verificar a aplicabilidade do método proposto e com o propósito de atender uma demanda prática da FIESC, este foi desenvolvido para os três setores emergentes de Santa Catarina: automotivo, aeronáutico e ferroviário.

1.5 ADERÊNCIA DA PESQUISA COM A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Sob a ótica da Engenharia de Produção, a gestão da tecnologia apresenta-se como um campo promissor, principalmente pela familiaridade que a área tem com os campos de gestão empresarial (BATALHA, 2008). Como colocado por Malerba (2002), os setores industriais são essenciais para o exame das atividades inovadoras e de produção. Neste sentido, essa dissertação apresenta uma visão da Engenharia de Produção, aproximando os conceitos de planejamento futuro-orientado e sistemas de inovação, para analisar o objeto de estudo em questão: as indústrias automotiva, aeronáutica e ferroviária, identificadas como sendo emergentes no estado de Santa Catarina

(FIESC, 2014c). Neste contexto, a análise vai além da dimensão intraindustrial, para a dimensão setorial.

A aderência dessa Dissertação a Engenharia de Produção também pode ser observada a partir de trabalhos correlatos recentes, que envolveram a discussão de aspectos prospectivos e de inovação. Sob a ótica da análise futuro-orientada, pode-se citar o trabalho de Polacinski (2011), que buscou desenvolver um processo de aplicação de uma metodologia prospectiva para Arranjos Produtivos Locais (APLs). Em uma linha similar, Schenatto (2012) propôs uma metodologia para definição de estratégias compartilhada para APL, trazendo a gestão estratégica orientada a antecipação ou construção do futuro. Na linha da inovação, Rodrigues (2013) apresenta um modelo de análise de parques tecnológicos e as relações de parceria e cooperação, em prol da criação de um ambiente propício a inovação.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Com relação à estrutura, este trabalho se organiza em nove capítulos:

- O Capítulo 1, aqui descrito, concentra a introdução, com a apresentação do problema de pesquisa, justificativa para a escolha dos métodos e objetivos.
- O Capítulo 2 apresenta os principais resultados a respeito de sistemas de inovação, assim como suas definições, tipologias e a abordagem funcionalista.
- O Capítulo 3 relaciona as definições, objetivos, tipologias e métodos do foresight.
- O Capítulo 4 trata sobre o que é um TRM, seus formatos, propósitos, benefícios e principais etapas.
- O Capítulo 5 aborda os procedimentos metodológicos. Neste é descrito como foi realizada a interação das abordagens.
- O Capítulo 6 apresenta os resultados da aplicação do procedimento metodológico proposto para a indústria automotiva.
- O Capítulo 7 apresenta os resultados da aplicação do procedimento metodológico proposto para a indústria aeronáutica.

- O Capítulo 8 apresenta os resultados da aplicação do procedimento metodológico proposto para a indústria ferroviária.
- Por fim, o Capítulo 9 ressalta os principais resultados da aplicação dos procedimentos propostos para as indústrias emergentes. Além disso, procuraram-se destacar as conclusões a respeito das contribuições que o procedimento adotado para o caso das indústrias emergentes podem agregar à literatura de TF e SI.

2 SISTEMAS DE INOVAÇÃO

Este capítulo discute os aspectos relacionados a Sistemas de Inovação (SI), isto é, apresenta os principais elementos que constituem um sistema e como estes se relacionam para a criação e difusão de inovações. Além disso, é abordado como o entendimento do funcionamento desse SI pode influenciar o processo de mudança tecnológica e quais fatores devem ser analisados para entendê-lo.

Dito isso, a subseção 2.1 apresenta as definições e tipologias de sistemas de inovação. O item 2.2, apresenta o conceito de sistemas setoriais de inovação. A subseção 2.3, apresenta a abordagem funcionalista dos sistemas de inovação. Por fim, a subseção 4.4 apresenta as considerações finais do capítulo.

2.1 DEFINIÇÕES E TIPOLOGIAS

Para entender o conceito de sistemas de inovação, primeiramente devem-se citar os conceitos de inovação e de sistema. A definição moderna de inovação é baseada no conceito de Schumpeter, que entende que inovações são “produtos e processos novos e aprimorados, novas formas de organização, a aplicação da tecnologia existente para novos campos, a descoberta de novos recursos, bem como a abertura de novos mercados” (NIOSI *et al.*, 1993, p. 209). Os autores trazem também a definição abrangente de sistemas, que podem ser entendidos como o conjunto de unidades interacionadas.

As raízes da inovação e do desenvolvimento econômico vem do século XVIII. Nos últimos 70 anos, a teoria da inovação vem evoluindo a fim de incorporar novos elementos do ambiente de atuação das empresas no sistema (NIOSI *et al.*, 1993). Desde então, muitas correntes teóricas influenciaram em menor ou maior grau o conceito de Sistemas de Inovação (URIONA, 2012). A contribuição significativa da abordagem de sistemas de inovação reside em entender as inter-relações que surgem entre diferentes atores em prol do desenvolvimento econômico (URIONA; SANTOS; VARVAKIS, 2012).

Na literatura de SI, há duas formas de conhecimento e modos de inovação. A primeira é o modo Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) e o segundo o modo Fazer, Utilizar e Interagir (FUI) (JENSEN *et al.*, 2007). O modo CTI refere-se à ciência e ao conhecimento tecnológico produzidos pelos atores do sistema. O modo FUI refere-se ao conhecimento adquirido por fazer, utilizar e interagir, o que é realizado principalmente pelas próprias organizações, por meio do processo de

aprender fazendo e aprender por meio da interação com clientes, fornecedores e demais atores do sistema. Ainda de acordo com os autores, ambos os modos de inovação são relevantes e, portanto, políticas relacionadas a ciência e tecnologia devem abranger todos os dois modos.

Dentro do conceito de SI, diferentes correntes emergiram. Primeiramente, a abordagem de sistemas de inovação se deu na dimensão nacional, com a finalidade de entender como nações constroem infraestruturas de conhecimento para o desenvolvimento econômico (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993). Estes autores foram os pioneiros na criação da abordagem de sistemas de inovação e compartilham fundamentos em comum (URIONA; SANTOS; VARVAKIS, 2012):

- A necessidade de incorporar outros agentes, além de agentes puramente econômicos;
- O sistema é formado por interações complexas entre atores, processos e estruturas dentro de um contexto geográfico, principalmente o contexto nacional;
- A importância do conhecimento científico e tecnológico para produzir inovações.

Entre as diversas definições para sistema de inovação, Lundvall (2010, p.2, tradução nossa) fornece um sentido amplo e básico sobre SI, que seriam “constituídos por elementos e relações que interagem para a produção, difusão e uso de um conhecimento novo e economicamente útil”.

Outras correntes de sistemas de inovação vieram mais tarde, reconhecendo a natureza sistêmica do processo de inovação em diferentes níveis e dimensões. Entre elas, destacam-se as perspectiva do sistema regional de inovação (COOKE, 1992; COOKE; URANGA; ETXEBARIA, 1997, 1998), a perspectiva do sistema tecnológico de inovação, que busca entender como o conhecimento impulsionado pela tecnologia flui no sistema (BERGEK *et al.*, 2008; HEKKERT *et al.*, 2007; ALKEMADE; KLEINSCHMIDT; HEKKERT, 2007) e, por fim, a perspectiva do sistema setorial de inovação, que destaca a importância dos setores e, ao mesmo tempo, a heterogeneidade entre estes quando se trata de como a inovação e o desenvolvimento tecnológico ocorrem (MALERBA, 2002). Isto reflete que um sistema de inovação pode ser delimitado espacialmente, setorialmente e tecnologicamente (ANDERSEN; ANDERSEN, 2014).

O conceito de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) foi concebido por Lundvall para enfatizar as relações usuários-produtores dentro da

economia nacional, a partir do conceito de “sistemas nacionais de produção” de Frederick Liszt e “colaborações informais entre firmas” de Hippel (NIOSI *et al.*, 1993). Dessa forma, SNI vem para entender as relações entre os atores envolvidos como fatores chaves para melhorar a performance tecnológica de um país (OECD, 1997). Por atores, entende-se empresas, universidades e institutos, enquanto as relações compreendem, por exemplo, a realização de pesquisa em conjunto, compra de equipamentos, entre outros.

Freeman (1987) define SNI como sendo a rede de instituições dos setores público e privado cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias. Lundvall (1992), como já mencionado, define SNI como sendo os elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso de conhecimentos novos e economicamente úteis e que estão localizados tanto dentro nas fronteiras de uma nação estado.

O conceito de Sistemas Regionais de Inovação (SRI), por sua vez ganhou atenção a partir da década de 90 como uma abordagem para entender o processo de inovação nas economias regionais (DOLOREUX; PARTO, 2005). Cook, Uranga e Etzebarria (1997) destacam duas perspectivas a respeito de SRI. A primeira é a abordagem de regionalização, que se concentra na jurisdição de uma região para elaborar políticas e orientar os elementos do sistema, a fim de desenvolver o processo de inovação. A segunda é a abordagem de regionalismo, que se relaciona à base cultural da região.

Apesar de não haver uma definição geral de RIS, este pode ser entendido como sendo:

O conjunto de empresas público e privadas interagentes, instituições e outras organizações funcionando de acordo com as relações organizacionais e institucionais conducentes a geração, uso e disseminação do conhecimento (DOLOREUX, 2003, p.70, tradução nossa).

Cook, Uranga e Etzebarria (1998, p. 1581, tradução nossa) mencionam que o RIS pertence a um sistema “em que as empresas e outras organizações estão sistemicamente engajadas no aprendizado interativo através de um meio social institucional caracterizado pela imersão”.

Diferentemente dos Sistemas Setoriais de Inovação (SSI), os Sistemas Tecnológicos de Inovação (STI) focam em tecnologias e não em indústrias (CARLSSON, 1997). Os STI envolvem interações de mercado e de não mercados em três tipos de redes: relações entre comprador e

fornecedor, redes de solução de problemas e redes informais (CARLSSON *et al.*, 2002). Assim, as redes de fornecedores transmitem informações técnicas, as redes de soluções de problema definem a natureza e os limites do sistema e as redes informais (conferencias, encontros, publicações e outras relações pessoais) são fontes de coleta e compartilhamento de informações.

Carlsson e Stankiewicz (1991) apontam que a base do STI é a competência econômica, que pode ser entendida como sendo a habilidade de desenvolver e explorar oportunidades de negócios. Assim, a visão dos autores é que, individualmente, nem firmas e nem inovações podem explicar a mudança econômica.

Carlsson *et al.* (2002) apontam quatro fatores principais a respeito de STI:

- A unidade básica de análise é o sistema como um todo;
- O sistema é dinâmico e muda com o tempo;
- As oportunidades tecnológicas globais são ilimitadas;
- Cada ator do sistema opera dentro de uma fronteira racional.

Carlsson e Stankiewicz (1991, p. 94) definem um sistema tecnológico como sendo “descrito como uma rede de agentes que interagem na área econômica/industrial, sob uma infraestrutura institucional particular e que estão envolvidos na geração, difusão e utilização da tecnologia”. O conceito de STI envolve a dinâmica do conhecimento e das redes de competência e não se limita a criação de novas tecnologias, mas sim na difusão e utilização desta (CARLSSON, 1997).

2.2 SISTEMAS SETORIAIS DE INOVAÇÃO

A noção de sistemas setoriais de inovação nasceu de uma série de tradições e teorias. Malerba (2002) aponta quatro bases teóricas/contribuições principais:

- A ênfase sobre como ocorrem as mudanças e transformações em setores;
- O fato de que os limites entre os setores incluem as interdependências e as ligações entre indústrias e serviços e que estes mudam ao longo do tempo;
- O conceito de sistema de inovação, que considera que a inovação é decorrente do processo de interação entre diferentes atores;

- A teoria evolutiva, que enfatiza dinâmica, processo e transformação e que coloca a aprendizagem e o conhecimento são elementos chave da mudança de um sistema econômico.

Malerba e Mani (2009) declaram que a abordagem de sistemas de inovação e a teoria evolutiva são os elementos constituintes do conceito de sistema setorial de inovação. Como mencionado por Hvannberg (2013), a teoria evolutiva enfatiza os operadores de mudança, tais como a criação de variedade, replicação, seleção, base de conhecimento e do contexto organizacional, e a abordagem de sistemas de inovação considera inovação como interativa.

Malerba (2002) define sistema setorial de inovação como um conjunto de produtos, novos ou já estabelecidos, direcionados para algum uso específico, e o conjunto de agentes que desempenham relações ou não de mercado com o propósito de criar, produzir e vender esses produtos. Neste sentido, o autor declara que este sistema é composto por uma base de conhecimento, tecnologias, entradas e uma demanda existente, emergente e potencial e que os agentes que compõem esse sistema são organizações e indivíduos. Estes agentes se comunicam, realizam trocas, competem e cooperam entre si, sendo suas interações moldadas por instituições (leis e regulações).

Segundo Malerba e Nelson (2011), a estrutura do sistema setorial de inovação foca na natureza, estrutura, organização e dinâmica de inovação e produção em setores, sendo três seus elementos chave:

- **Atores**

Sistemas setoriais de inovação envolvem a interação sistemática entre atores para a geração e troca de conhecimento relevante para a inovação e sua comercialização (MALERBA, 2004). Os agentes do sistema podem ser organizações e indivíduos. Por organizações entendem-se organizações empresarias (usuários, produtores e fornecedores de insumos) e não empresariais (por exemplo, universidades, instituições financeiras, agências governamentais, sindicatos e associações técnicas), incluindo subdepartamentos e grupos de organizações (consórcios e associações industriais) (MALERBA, 2002).

Em geral, a literatura de sistema de inovação considera as empresas como os atores centrais do sistema (MALERBA; NELSON, 2011). Os autores classificam quatro outros atores importantes para o sistema: relações verticais entre fornecedores e usuários; universidades e centros de pesquisa públicos; organizações financeiras (por exemplo, bancos e

mercado de capitais); e governo. Castellacci (2007) cita ainda outro importante ator do sistema: o mercado de trabalho qualificado.

- **Base de conhecimento**

Os atores do sistema de inovação compartilham uma base de conhecimento comum, formada por um conjunto de materiais, tecnologia e conhecimento utilizados para desempenhar atividades inovadoras (URIONA, 2012). A base de conhecimento varia entre setores diferentes e afeta as atividades inovadoras, organizações e o comportamento de empresas e outros agentes do sistema (MALERBA, 2002; MALERBA; NELSON, 2011).

Setores distintos apresentam bases de conhecimento diferentes (MALERBA, NELSON, 2011). Enquanto a base de conhecimento relacionada a um determinado setor pode ser altamente tácita e de difícil transferência, para outros, esta pode ser altamente explícita e de fácil transferência (URIONA, 2012).

- **Instituições**

Instituições incluem leis, padrões, normas, rotinas e hábitos, práticas estabelecidas, entre outros, decorrentes das ações, cognições e interações entre os atores do sistema (MALERBA, 2002; MALERBA; NELSON, 2011). As instituições podem do tipo que obrigam ou impõem o cumprimento da lei, ou podem ser criadas a partir da interação de agentes (por exemplo, contratos), formais ou informais (por exemplo, leis de patente, tradições, convenções e regulações específicas), nacionais ou específicas a um setor (MALERBA; NELSON, 2011).

2.3 A ABORDAGEM FUNCIONALISTA DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO

Segundo Hekkert *et al.* (2007), a análise da funcionalidade do sistema de inovação nasce a partir da necessidade de identificar a dinâmica do sistema para explicar o processo de mudança tecnológica em um SI emergente ou existente. Como colocado por Bergek *et al.* (2008), várias pesquisas empíricas já foram desenvolvidas com o propósito de compreender a estrutura, a dinâmica e a performance do SI. Entretanto, Edquist (2004) aponta para a heterogeneidade conceitual e falta de comparabilidade dessas pesquisas.

Hekkert *et al.* (2007) mencionam que os métodos tradicionais de análise do SI são insuficientes para explicar a dinâmica do mesmo. Neste sentido, os autores apresentam duas deficiências. Primeiramente, até a proposta das funções, a comparação do sistema era realizada dando mais

ênfase à comparação das relações entre atores e instituições (legislação e outros) e menos na dinâmica do sistema em si, o que é insuficiente para compreender tudo o que ocorre nos sistemas (EDQUIST, 2001). Assim, fatores como o que as organizações fazem em relação aos processos de inovação, como as instituições estimulam essas organizações a produzir inovações, qual o papel dos atores do sistema para os processos de inovação e como o sistema funciona no todo, devem ser considerados.

A segunda aponta para o fato de que as análises focavam principalmente no nível macro do sistema, ou seja, na análise das instituições, e deixavam a análise do nível micro, ou seja, das ações empreendedoras, em segundo plano. Assim, ao não considerar os indivíduos empreendedores, estes métodos desconsideravam os processos de mudanças proporcionados por estes.

Considerando que o processo de mudança tecnológica é dinâmico e está relacionado ao processo de transformação do SI, necessita-se também de uma compreensão dinâmica deste sistema para entender e guiar a mudança tecnológica (HEKKERT *et al.*, 2007). Neste sentido, a visão funcional do SI é capaz de influenciar o desenvolvimento, a difusão e uso de novas tecnologias e, consequentemente, entender a dinâmica do sistema de inovação (BERGEK *et al.*, 2008).

A literatura tradicional de SI usa o termo “função” em relação a instituições (GALLI; TEUBAL, 1997; EDQUIST; JOHNSON, 1997) ou ao sistema como um todo (LUNDVALL, 1992; CARLSSON; STANKIEWICZ, 1991). A análise da mudança tecnológica, por outro lado, deve focar no mapeamento das atividades que ocorrem no SI e que resultam em mudanças, ou seja, em mapear a dinâmica do sistema (HEKKERT *et al.*, 2007).

O conceito elaborado por Jacobsson e Johnson (2000, p. 109, tradução nossa) para funções do sistema de inovação corresponde a “contribuição de um componente ou um conjunto de componentes para a performance de um sistema”. Heekert *et al.* (2007) propõem que as funções de um sistema de inovação correspondem às atividades que ocorrem neste sistema e que geram mudança tecnológica, tendo a função de gerar e difundir inovações. As funções do sistema de inovação estão relacionadas ao caráter e à interação entre os componentes do sistema de inovação (agentes, redes e instituições). (HEKKERT, NEGRO, 2009).

Johnson (2001) discute os benefícios do uso do conceito de funções em sistemas de inovação:

- As funções trabalham como ferramentas para a definição das fronteiras do sistema de inovação;

- O conceito de funções pode ser usado como uma ferramenta para descrever a situação atual do sistema;
- As funções permitem estudar a dinâmica do sistema;
- O conceito de funções permite o pesquisador acessar o desempenho do sistema de inovação.

Hekkert *et al.* (2007) aponta três razões principais para utilizar a abordagem funcional do sistema:

- A abordagem funcional permite a comparação entre sistemas de inovação com diferentes formações;
- As funções permitem um método sistemático de mapeamento dos determinantes da inovação;
- Essa abordagem permite a formulação de um conjunto de políticas que devem ser o alvo do sistema de inovação e os instrumentos para alcançar esse alvo.

Muitos estudos foram desenvolvidos a fim de identificar as funções do sistema de inovação (EDQUIST; JOHNSON, 1997; MCKELVEY, 1997; GALLI; TEUBAL, 1997; RICKNE, 2001; JACOBSSON; JOHNSON, 2000; LIU; WHITE, 2001; JOHNSON, 2001; JACOBSSON; SANDEN; BANGENS, 2004; CARLSSON; JACOBSSON; BERGEK, 2004; HEKKERT *et al.*, 2007; BERGEK *et al.*, 2008). O Quadro 1 e Quadro 2 apresentam as funções apresentadas e discutidas pelos autores, a partir de uma perspectiva histórica.

Edquist e Johnson (1997) apresentam a perspectiva de funções de instituições no sistema de inovação. McKelvey (1997) apresenta três funções do sistema de inovação, refinadas a partir dos princípios da teoria evolutiva da biologia: retenção e transmissão de informações; geração de novidades, levando à variedade; e seleção dentre as alternativas.

Galli e Teubal (1997) observam a evolução e a transição de sistemas nacionais de inovação e argumentam que é importante fazer uma divisão entre funções e organizações. Para isto, os autores fazem uma distinção entre as funções rígidas e flexíveis. As funções rígidas são aquelas que necessitam de organizações rígidas (equipadas com laboratórios e desempenhando P&D), incluindo atividades de P&D públicos e o fornecimento de serviços técnicos e científicos para terceiros (setor empresarial e de administração pública). As funções flexíveis são operadas por organizações flexíveis (sem laboratórios e sem desempenhar P&D), incluindo a difusão de informação, conhecimento e tecnologia; elaboração de políticas; desenho e implementação de instituições a respeito de patentes, leis, padrões, etc.; divulgação e difusão da cultura científica; e coordenação profissional. Apesar dos autores terem

apresentado a importância da distinção entre funções e organizações, estas ainda são apenas extrapolações dos módulos presentes dentro do sistema de inovação (infraestrutura de desenvolvimento de conhecimento, intermediária e de apoio e a perspectiva da demanda) (HEKKERT *et al.*, 2007).

Rickne (2000) apresenta uma lista de funções a partir de um estudo empírico da indústria de biomateriais. A autora discute onze fatores que podem indicar a performance do sistema de inovação para o estabelecimento de empresas de base tecnológica:

- Criar capital humano;
- Criar e difundir oportunidades tecnológicas;
- Incubar para prover facilidades, equipamentos e apoio administrativo;
- Facilitar a regulação de tecnologias, materiais e produtos que podem ampliar o mercado e melhorar o acesso ao mesmo;
- Legitimar tecnologias e empresas;
- Criar mercados e difundir o conhecimento do mercado;
- Ampliar a rede;
- Direcionar tecnologia, mercado e pesquisas em parceria;
- Facilitar financiamento;
- Criar um mercado de trabalho que essas empresas de base tecnológica possam usar.

Johnson e Jacobsson (2001) consideram cinco funções para analisar a evolução da indústria de energias renováveis da Suécia:

- Criar novos conhecimentos;
- Criar economia externa positiva;
- Guiar o processo de orientação a pesquisa;
- Facilitar a formação de mercados;
- Fornecer recursos.

Liu e White (2001) propõem uma estrutura para analisar sistema de inovações, a qual se baseia em cinco atividades fundamentais para o processo de inovação tecnológica:

- Pesquisa (básica, desenvolvimento, engenharia);
- Implementação (manufatura);
- De uso final (consumidores do produto ou processo de saída);
- Educação;
- Ligação (trazendo conhecimento complementar).

Johnson (2001), baseando-se em uma revisão de literatura de diferentes abordagens existentes sobre sistemas de inovação, identifica oito funções básicas e aponta para os principais benefícios do uso do conceito em sistemas de inovação:

- Fornecer incentivos às empresas para que estas se envolvam com inovação;
- Fornecer recursos (capital e competência);
- Orientar a direção de pesquisa (influenciar a direção em que os atores utilizam recursos);
- Reconhecer o potencial de crescimento (identificando as possibilidades tecnológicas e a viabilidade econômica);
- Facilitar o intercâmbio de informação e conhecimento.
- Estimular/criar mercados;
- Reduzir as incertezas sociais (isto é, incertezas em relação a como outros irão agir e reagir);
- Neutralizar a resistência à mudança que possa surgir na sociedade quando uma inovação é introduzida (prover legitimidade para a inovação).

Jacobssen, Sanden e Bangens (2004), baseando-se no trabalho de Johnson (2001), reduzem de oito para cinco funções do sistema de inovação:

- Criar novo conhecimento;
- Guiar a direção de processos de pesquisa;
- Fornecer recursos;
- Facilitar a criação de economia externa positiva (na forma de troca de informação, conhecimento e visões);
- Facilitar a formação de mercados.

Edquist (2004, p. 190) aponta dez atividades que se esperam ser as mais relevantes para um sistema de inovação⁵, que “influenciam o desenvolvimento, a difusão e o uso da inovação”:

- Provisão de P&D, criando novo conhecimento, primariamente em engenharia, medicina e ciências naturais;

⁵ É importante mencionar que, embora autores como Bergek *et al.* (2008) agrupam o trabalho do Edquist (2004) dentro da abordagem funcionalista, o próprio Edquist desconhece esta “afiliação”, pois considera as atividades como sendo conceitualmente diferentes às funções dos autores “funcionalistas”.

- Desenvolvimento de competências: provisão de treinamentos criação de capital humano, produção e reprodução de habilidades, aprendizagem individual;
- Formação de novos mercados de produtos;
- Articulação de requisitos de qualidade emanados dos demandantes em relação a novos produtos;
- Criação e mudança de organizações necessárias para o desenvolvimento de novos campos de inovação: fortalecendo empreendedores para criar novas empresas e intraempreendedores para diversificar empresas existentes;
- Redes através de mercados, incluindo o aprendizado interativo entre diferentes organizações envolvidas no processo de inovação;
- Criação e mudança de instituições, assim como leis, leis fiscais, regulações de segurança e ambientais, investimentos em P&D, que influenciam organizações e processos inovadores oferecendo obstáculos ou incentivando a inovação;
- Atividades de incubação: fornecendo acesso a instalações, apoio administrativo, etc.;
- Financiamento dos processos de inovação e outras atividades que podem facilitar a comercialização e adoção do conhecimento;
- Fornecimento de serviços de consultoria de relevância para processos de inovação: transferência tecnológica, informação comercial e aconselhamento jurídico.

Carlsson, Jacobsson e Bergek (2004) focam em seis funções necessárias para que o sistema se desenvolva e cresça:

- Criar base de conhecimento;
- Promover experimentos empreendedores;
- Criar incentivos;
- Criar mercados ou condições apropriadas para a formação de mercados;
- Promover externalidades positivas;
- Criar recursos (financeiros e de capital humano).

Hekkert *et al.* (2007), baseando-se em estudos empíricos realizados na Universidade de Utrecht, na Holanda, propõem sete funções para o mapeamento das atividades chave de um sistema de inovação:

- Atividades empreendedoras;

- Desenvolvimento de conhecimento;
- Difusão do conhecimento na rede;
- Orientação à pesquisa;
- Formação de mercado;
- Mobilização de recursos;
- Criação de legitimidade.

Bergek *et al.* (2008) propõem um esquema para análise da dinâmica funcional dos sistemas de inovação e consideram, para isso, sete funções principais do sistema, organizadas a partir de uma compilação das funções encontradas na literatura:

- Desenvolvimento e difusão do conhecimento;
- Influencia na direção do conhecimento;
- Experimentação empreendedora;
- Formação de mercado;
- Legitimação;
- Mobilização de recursos;
- Desenvolvimento de externalidades positivas.

Os Quadro 1 e Quadro 2 apresentam a relação de funções encontradas na literatura, com base na revisão apresentada por Bergek *et al.* (2008) e Hekkert *et al.* (2007).

Bergek *et al.* (2008) define “Experimentação empreendedora” em termos: do número de novos entrantes, incluindo a diversificação de empresas já estabelecidas; do número de diferentes tipos de aplicação; e da amplitude das tecnologias utilizadas e o caráter das tecnologias complementares empregadas. As “promoção de experimentos empreendedores” (CARLSSON; JACOBSSON; BERGEK, 2004), “atividade empreendedora” (HEKKERT *et al.*, 2007) e “Experimentação empreendedora” (BERGEK *et al.*, 2008), apesar de apresentarem diferentes abrangências, podem ser analisadas sob a ótica de atividades empreendedoras no sistema.

Para a função de desenvolvimento do conhecimento, Jonhson e Jacobsson (2001), Liu e White (2001), Jacobsson, Sanden e Bangens (2004), Carlsson, Jacobsson e Bergek (2005), Hekkert *et al.* (2007) e Bergek *et al.* (2008) mencionam, respectivamente, “criar novos conhecimentos”, “pesquisa (básico, desenvolvimento e engenharia)”; “criar conhecimento”, “criação de uma base de conhecimento”, “desenvolvimento de conhecimento” e “difusão e desenvolvimento de conhecimento”.

A função “criar e difundir oportunidades tecnológicas/aumentar o networking” (RICKNE, 1997), “criar economia externa positiva” (JOHNSON; JACOBSSON, 2001), “facilitar a troca de informações e conhecimento” (JOHNSON, 2001), “promover networking entre mercados e outros mecanismos” (EDQUIST, 2004), “facilitar a criação de economia externa positiva” (JACOBSSON; SANDEN; BANGENS, 2004), “promoção de externalidades positivas” (CARLSSON; JACOBSSON; BERGEK, 2005), “difusão de conhecimento através de redes” (HEKKERT *et al.*, 2007) e “desenvolvimento de economia externa positiva” (BERGEK *et al.*, 2008) referem-se, novamente com diferentes abrangências, às funções mais básicas do sistema de inovação (HEKKERT *et al.*, 2007). Bergek *et al.* (2008) menciona que a função “Desenvolvimento de externalidades positivas” tem um sentido mais amplo que a difusão do conhecimento de Hekkert *et al.* (2007), Rickne (2000) e Johnson (2001), por exemplo, que focam em uma fonte de economia externa, que é a difusão do conhecimento.

Em diferentes dimensões, os autores referem-se a “influência na orientação a pesquisa”, “orientação a pesquisa”, “guiar o processo de orientação a pesquisa”, “guiar a orientação a pesquisa” e “direcionara pesquisa de tecnologias, mercados e parceiros”. Estas funções similares foram trazidas, respectivamente por, Bergek *et al.* (2008), Hekkert *et al.* (2007), Jacobsson, Sanden e Bangens (2004) e Johnson e Jacobsson (2001), Johnson (2001) e Rickne (2000).

Em relação a mercados, são encontrados os termos “formação de mercado” (HEKKERT *et al.*, 2007; BERGEK *et al.*, 2008), “facilitar a formação de mercado” (JACOBSSON; SANDEN; BANGENS, 2004; JOHNSON; JACOBSSON, 2001), “criar/estimular mercados” (JOHNSON, 2001), “criar e difundir mercados” (RICKNE, 2000). Novamente, estes termos possuem variantes entre eles.

Para a função “mobilização de recursos” (HEKKERT *et al.*, 2007; BERGEK *et al.*, 2008) são também citados, em diferentes graus de abrangência, “criação de recursos (financeiros, capital humano)” (CARLSSON; JACOBSSON; BERGEK, 2004), “fornecer recursos” (JACOBSSON; SANDERS; BANGENS, 2004; JOHNSON, 2001; JOHNSON; JACOBSSON, 2001).

Bergek *et al.* (2008) mencionam a neutralização das resistências à mudança, ou seja, a “legitimação” relacionada aos conceitos de desenvolvimento de coalizões (HEKKERT *et al.*, 2007) e a legitimação de tecnologias e empresas (RICKNE, 2000), mas reflete em relação ao fato de que as coalizações sejam componentes estruturais do sistema. Outras abordagens similares são “criação de legitimidade” (HEKKERT

et al., 2007), “neutralizar a resistência para mudança da sociedade na emergência de uma nova inovação” (JOHNSON, 2001) e “desenho e implementação de instituições a respeito de patentes, leis, padrões, etc.” (GALLI; TEUBAL, 1997).

Quadro 1- Tentativas de identificar funções do sistema de inovação (Parte 1).

Edquist; Johnson (1997)	McKelvey (1997)	Galli e Teubal (1997)	Rickne (2000)	Johnson e Jacobsson (2001)	Liu e White (2001)
	Retenção e transmissão de informação	Atividades de P&D			Implementação (manufatura)
Reduzir incertezas através da informação	Geração de novidades, conduzindo à diversificação	Difusão da cultura científica		Criar novos conhecimentos	Pesquisa (básico, desenvolvimento, engenharia)
	Seleção dentre as alternativas	Difusão do conhecimento, informação e tecnologia	Criar e difundir oportunidades tecnológicas Aumentar o networking	Criar economia externa positiva	Relacionar conhecimentos complementares
		Construção de políticas	Direcionar a pesquisa de tecnologias, mercado e parceiros	Guiar o processo de orientação a pesquisa	
			Criar e difundir mercados Facilitar financiamentos. Criar um mercado de trabalho	Facilitar a formação de mercados	Uso final (consumidores do produto ou saída do processo)

Promover incentivos para a inovação		Fornecimento de serviços técnicos e científicos	Criar capital humano	Fornecer recursos	Educação
Gerenciar conflitos e cooperações		Desenho e implementação de instituições a respeito de patentes, leis, padrões, etc.	Legitimar tecnologias e firmas		
		Coordenação profissional			

Fonte: Adaptado Hekkert *et al.* (2007) e Bergek *et al.* (2008).

Quadro 2 - Tentativas de identificar funções do sistema de inovação (Parte 2).

Johnson (2001)	Edquist (2004)	Jacobsson, Sanden e Bangens (2004)	Carlsson, Jacobsson e Bergek (2004)	Hekkert <i>et al.</i> (2007)	Bergek <i>et al.</i> (2008)
Fornecer incentivos para companhias a fim de desenvolver inovações	Criar e mudar instituições		Promover experimentos empreendedores	Atividade empreendedora	Experimentação empreendedora
Reconhecer o potencial de crescimento	Desenvolvimento de competências	Criar conhecimento	Criar uma base de conhecimento	Desenvolvimento de conhecimento	Difusão e desenvolvimento de conhecimento
Facilitar a troca de informações e conhecimento	Promover networking entre mercados e outros mecanismos	Facilitar a criação de economia externa positiva	Promover de externalidades positivas	Difusão de conhecimento através de redes	Desenvolvimento de economia externa positiva

Guiar a orientação a pesquisa	Articulação de requisitos de qualidade por parte dos demandantes	Guiar o processo de orientação a pesquisa		Orientação a pesquisa	Influência na orientação a pesquisa
Criar/estimular mercados	Formação de novos produtos de mercado	Facilitar a formação de mercados	Criar incentivos Criar mercados ou condições de mercado apropriados	Formação de mercado	Formação de mercado
Fornecer recursos	Financiar o processo de inovação	Fornecer recursos	Criar recursos (financeiros, capital humano)	Mobilização de recursos	Mobilização de recursos
Neutralizar a resistência para mudança da sociedade na emergência de uma nova inovação	Criar novas firmas e diversificar firmas existentes			Criação de legitimidade	Legitimação
Reduzir incertezas sociais	Incubar atividades				
	Provisão de P&D				
	Provisionar serviços de consultoria para processos de inovação				

Fonte: Adaptado Hekkert *et al.* (2007) e Bergek *et al.* (2008).

Edquist (2004), Hekkert *et al.* (2007) Bergek *et al.* (2008) propõem aspectos similares de analisar a funcionalidade do sistema de inovação. As sete funções propostas por Hekkert *et al.* (2007) já foram utilizadas para análise da funcionalidade de sistemas de inovação em muitos outros trabalhos (ALKEMADE; KLEINSCHMIDT; HEKKERT, 2007; HEKKERT; NEGRO, 2009; NEGRO; HEKKERT, 2008; HEKKERT; HARMSSEN; JONG, 2007). Os autores apontam que, dado que o conceito de sistemas de inovação envolve a tentativa heurística de analisar os subsistemas sociais, atores e instituições responsáveis pela geração de novas inovações, então, uma vez conhecendo a funcionalidade desse sistema, seria possível moldar intencionalmente o processo de inovação.

As sete funções propostas por Hekkert *et al.* (2007) para mapear as atividades de um sistema de inovação e explicar as mudanças que ocorrem no mesmo estão sumarizadas a seguir:

2.3.1 Atividades empreendedoras

Hekkert *et al.* (2007) mencionam que as “atividades empreendedoras” correspondem tanto a novos entrantes que identificam uma oportunidade no mercado quanto empresas que diversificam suas estratégias de negócio. Segundo os autores, esta função é analisada a partir da contabilização de (i) novos entrantes; (ii) diversificação dos negócios das empresas; ou (iii) números de experimentos em novos negócios.

2.3.2 Desenvolvimento de conhecimento

Hekkert *et al.* (2007) definem o “desenvolvimento de conhecimento” como sendo realizado através da prática ou de pesquisa). Segundo os autores, esta função é analisada a partir do (i) levantamento de projetos de P&D ao longo do tempo; (ii) levantamento do número de patentes; ou (iii) investimentos em P&D.

2.3.3 Difusão do conhecimento através da rede

A “difusão do conhecimento através da rede” é a troca de informações entre os atores do sistema de inovação (HEKKERT *et al.*, 2007). Os autores mencionam que esta função é analisada a partir da identificação do (i) número de workshops e congressos focados em uma

determinada tecnologia; ou (ii) o tamanho da rede e sua intensidade ao longo do tempo.

2.3.4 Orientação à pesquisa

“Orientação à pesquisa” é a escolha do foco dos investimentos em tecnologia dentre as opções existentes (HEKKERT *et al.*, 2007). Segundo os autores, esta função é analisada através do (i) mapeamento dos alvos de investimento em tecnologia definidos pelo governo ou indústrias; ou (ii) do número de publicações sobre o tema em periódicos.

2.3.5 Formação de mercado

A “formação de mercado” corresponde a novas tecnologias que necessitam de proteção para serem aderidas (HEKKERT *et al.*, 2007). Os autores mencionam que esta função é analisada através do levantamento do (i) número de novos nichos tecnológicos de mercado introduzidos; (ii) incentivos fiscais específicos para novas tecnologias; ou (iii) novos padrões ambientais que incentive novas tecnologias mais ecológicas.

2.3.6 Mobilização de recursos

Hekkert *et al.* (2007) denominam “mobilização de recursos” os recursos humanos e financeiros necessários às atividades do sistema de inovação. Esta função pode ser analisada através da (i) análise de fundos governamentais ou industriais disponibilizados para programas de P&D de longo prazo para novas tecnologias; ou (ii) fundos disponibilizados para permitir testes de novas tecnologias em nichos de mercado experimentais; ou (iii) a percepção dos atores do sistema quanto à suficiência dos recursos.

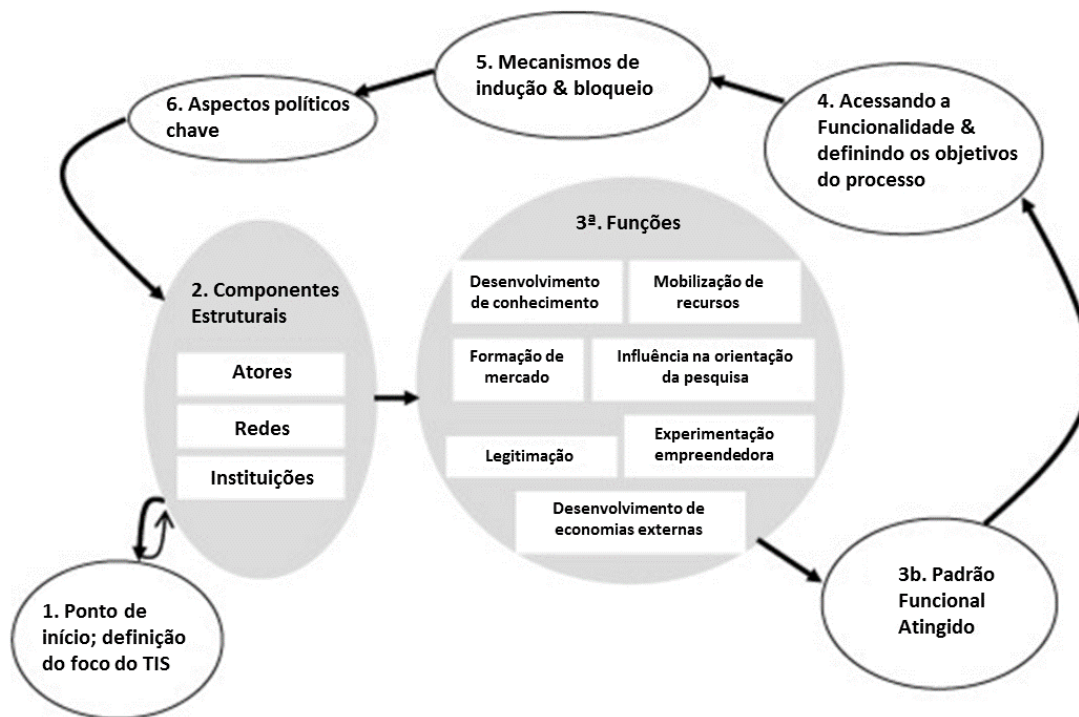
2.3.7 Criação da legitimidade do setor

Hekkert *et al.* (2007) denominam “criação de legitimidade do setor” como sendo a formação de lobby a fim de inserir uma nova tecnologia no sistema vigente. Isto é feito através da inserção desta na programação, lobby por recursos, desenvolvimento de regimes fiscais específicos ou criação da legitimidade da nova trajetória tecnológica. Esta função pode ser analisada a partir do (i) mapeamento da emergência de grupos de interesse; e (ii) suas ações de lobby.

2.3.8 Esquema de análise da funcionalidade do sistema

Com o objetivo de analisar o SI e ajudar decisores políticos na seleção e priorização de políticas públicas, algo pouco abordado na literatura (EDQUIST, 2004), Bergek *et al.* (2008) propõem um esquema de análise que permite acessar o desempenho do sistema e identificar os fatores que influenciam esse desempenho. Assim, este esquema pode ser usado por pesquisadores e legisladores para analisar sistemas de inovações específicos a fim de identificar questões políticas chaves para melhorar o desempenho do sistema, de acordo com os objetivos deste. O esquema é composto por seis etapas (Figura 1).

Figura 1 - Esquema de análise.



Fonte: Bergek *et al.* (2008, p. 441, tradução nossa).

- Passo 1 – O ponto inicial para a análise: definir o foco do sistema de inovação

A definição do foco do sistema de inovação depende do objetivo do estudo e dos interesses dos *stakeholders*. Os autores destacam três aspectos que os analistas devem considerar para a análise:

- i. A escolha do foco da pesquisa, que pode ser uma área do conhecimento ou produto/artefato;
- ii. A escolha da amplitude e profundidade do estudo. A amplitude do estudo compreende o nível de agregação do estudo, ou seja, decidir entre incluir muito, alcançando uma visão mais ampla, ou ser mais específico, e o alcance das aplicações da tecnologia em questão. Dependendo das escolhas feitas nesta etapa de análise, diferentes tipos de atores, redes e instituições terão de ser incorporadas;
- iii. A escolha do domínio espacial, ou seja, limitar espacialmente o sistema em análise.

- Passo 2 – Identificar os componentes estruturais do sistema

Após a definição do foco do sistema, deve-se identificar e analisar os componentes estruturais do sistema, ou seja, atores, redes e instituições. Para a identificação dos atores, Bergek *et al.* (2008) recomendam a utilização de alguns métodos, que podem ou não ser combinados:

- Pesquisar em associações de indústrias;
- Realizar uma análise de patentes para identificar o volume e a direção das atividades tecnológicas de organizações e indivíduos;
- Realizar uma análise bibliométrica a fim de analisar o volume de publicações e citações;
- Entrevistas e discussões com especialistas, organizações, pesquisadores e financiadores.

A identificação das redes formais e informais do sistema, bem como parcerias público-privadas, relação dentro da cadeia de suprimentos, relações entre indústria, governo e universidades, etc. A identificação das instituições, bem como fatores culturais, normas, leis, regulações, deve considerar que estas podem vir de formas diferentes e afetar o sistema de maneiras distintas. Além disso, o analista pode deparar, algumas vezes, com a falta de instituições de interesse.

- Passo 3 – Mapear o padrão funcional do sistema

O primeiro passo para a análise do sistema de inovação em termos funcionais é descrever o padrão funcional deste sistema, com o objetivo

de analisar como o sistema está se comportando em relação aos seus processos chave. Este padrão funcional difere entre sistemas distintos e podem mudar ao longo do tempo. Bergek *et al.* (2008) sugere sete funções, sintetizadas a partir de outras abordagens funcionais, como apresentado no Quadro 1 e Quadro 2.

- Passo 4 – Acessar a funcionalidade do sistema e definir os objetivos do processo

Na etapa anterior, mapearam-se as funções do sistema, a fim de identificar como o sistema funciona. Na etapa 4, o propósito é analisar quão bem o sistema está funcionando. Para isto, os autores identificaram duas bases de acesso da funcionalidade, associados a diferentes tipos de problemas:

- Fase de desenvolvimento: corresponde a distinção entre a fase de formação do sistema. Na fase de formação, os componentes do sistema começam a se relacionar e, com a entrada de organizações e outras empresas, tem-se o início do alinhamento institucional e da formação de redes. A fase de formação se caracteriza por ter surgido há menos de uma década; por lidar com altas incertezas tecnológicas e de mercado; pelo desempenho dos produtos ser pouco desenvolvido; pelo baixo volume de difusão e atividades econômicas; pela demanda desarticulada; e pela ausência de retroalimentação positiva. Por outro lado, uma fase de crescimento é caracterizada pela expansão do sistema e a difusão em larga escala da tecnologia;
- Comparação entre sistemas: para melhorar a compreensão dos tomadores de decisões, os autores sugerem acessar outros sistemas similares de outras localidades.

Com base na fase de desenvolvimento e/ou com a comparação entre sistemas, pode-se identificar o que é esperado do sistema e especificar objetivos políticos a fim de indicar como o sistema poderá atingir um padrão funcional mais alto. Estes objetivos devem ser definidos conforme os sete processos/funções do sistema, considerando o objetivo geral do sistema.

- Passo 5 – Identificar os mecanismos de bloqueio e indução

Sistemas em fase de formação, em geral, apresentam uma dinâmica funcional fraca e, por isso, é importante compreender os mecanismos de bloqueio que moldam a natureza dinâmica do sistema. Também é interessante entender os mecanismos que induzem o sistema.

Em uma perspectiva política, os fatores de bloqueio podem ser dos seguintes tipos:

- Os proponentes de uma nova tecnologias podem ser fracos para contribuir para a legitimação do processo e instituições desalinhadas podem gerar uma formação de mercado deficiente;
- Capacidades pouco desenvolvidas entre potenciais consumidores pode levar a ausência de demanda e ao fraco desenvolvimento da formação de mercado;
- Redes podem fracassar em ajudar novas tecnologias pela falta de conexão entre os atores.

Os autores consideram que é empiricamente possível mapear as relações entre os mecanismos de bloqueio e indução do sistema. Uma vez que as funções não são independentes, mas influenciam umas às outras, os mecanismos de bloqueio e indução são ampliados por essa interdependência. Por este motivo, as políticas devem estar focadas em reduzir as forças dos mecanismos de bloqueio e fortalecer os mecanismos de indução.

- Passo 6 – Especificar aspectos políticos chave

Depois de explicitar os objetivos do processo, o analista pode começar a especificar os aspectos políticos chave que levarão o sistema ao padrão funcional desejado.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos de sistemas de inovação, com foco especial em sistemas setoriais de inovação. Um SI é composto por elementos que interagem entre si, dentro de um contexto, que pode ser nacional, regional, setorial ou tecnológico, e que buscam o desenvolvimento e a difusão da inovação.

O SSI, por sua vez, corresponde a dimensão setorial ou industrial de um sistema de inovação. Este é composto por atores, redes e instituições. Atores podem ser organizações e indivíduos; redes são as relações entre os atores do sistema; e as instituições correspondem à leis e regulações que regem esse sistema.

Alguns autores sugerem que o SI pode ser analisado a partir da dinâmica de seu funcionamento e propõem, assim, o conceito de “funções do sistema de inovação”. Essas funções analisam o processo de mudança tecnológica e geração de inovações no SI. Na literatura, há diferentes tentativas de definição e classificação das funções. Uma delas propõe sete funções essenciais: atividades empreendedoras, desenvolvimento de

conhecimento, difusão do conhecimento na rede, orientação à pesquisa, formação de mercado, mobilização de recursos e criação de legitimidade. Considera-se portanto, que a abordagem funcionalista dos sistemas de inovação pode ajudar a entender as atividades e os padrões relacionados a mudança tecnológica que ocorrem no SI, lançando luz às iniciativas políticas que podem melhorar a dinâmica do sistema e gerar novas inovações.

A fim de acessar o desempenho do SI e auxiliar tomadores de decisões a formular políticas públicas, uma corrente de autores propôs um esquema composto por seis etapas. Estas etapas envolvem a definição do SI que deve ser acessado, a identificação de seus componentes estruturais, o mapeamento da sua funcionalidade, a identificação do nível de desenvolvimento do mesmo, a relação dos de mecanismos que o bloqueiam e induzem e, finalmente, a proposta de políticas chaves que poderão levar o sistema a um novo grau de funcionalidade.

Nesta dissertação, estas seis etapas serão integradas com a metodologia de *foresight*, por meio de um *technology roadmapping*, a fim de analisar a funcionalidade dos sistemas setoriais emergentes em Santa Catarina. Assim, o conceito de Sistemas de Inovação traz uma visão mais dinâmica do sistema, por meio do entendimento das atividades de inovação nessas indústrias, a fim de melhor embasar as estratégias de longo prazo do *foresight*.

3 TECHNOLOGY FORESIGHT – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Este capítulo apresenta o surgimento e evolução do *foresight* ao longo do tempo, até a mais recente abordagem que visa trazer a noção de sistemas de inovação à prática de *foresight*. Estes avanços, entretanto, não mencionam como fazer a operacionalização de ambas abordagens. Neste sentido, discutem-se também os métodos típicos utilizados para conduzir o *foresight* e os principais fatores que devem influenciar a decisão de escolha do método pelo pesquisador.

Em particular, são apresentadas as definições e objetivos do *technology foresight* na subseção 3.1. A subseção 3.2, apresenta as tipologias do processo. Já o item 3.3, traz os principais métodos utilizados em *foresight*. Por fim, a subseção 3.4 apresenta as considerações finais do capítulo.

3.1 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DO TECHNOLOGY FORESIGHT

A descrição histórica do desenvolvimento do *foresight* é algo complexo, pois *foresight* é muitas vezes considerado como parte de três outras tradições estabelecidas: *technology forecasting*, estudos futuros e avaliação tecnológica (ANDERSEN; ANDERSEN, 2014). De acordo com Godet (1986), *forecasting* é uma afirmação probabilística e determinista sobre o futuro, com alto grau de confiança. A validade do *forecasting* foi questionada a partir da crise do petróleo, em 1973, quando a técnica não foi efetiva na detecção de tal crise (MARTIN, 2010). Estudos futuros, por sua vez, apresentavam uma visão mais pessimista em relação ao futuro e à tecnologia (ANDERSEN; ANDERSEN, 2014), e, diferentemente do *forecasting*, que era um instrumento de tomada de decisões, este estimulava o debate público (MILES, 2010). Ainda de acordo com este último autor, a corrente de avaliação tecnológica surge a partir do criticismo tecnológico de estudos futuros. Assim, a corrente da avaliação tecnológica viria para fazer a avaliação sistemática das consequências sociais da introdução de uma nova tecnologia.

Foresight, por outro lado, envolve o entendimento que as escolhas de hoje podem moldar o futuro, sendo predições determinísticas insuficientes para analisar o contexto social e econômico que tais decisões influenciam (MARTIN, 2010). A partir disso, houve uma migração do uso do *forecasting* para outras metodologias futuras, como o *foresight*. De acordo com Listone (2011), a Ásia e a Europa tiveram um papel importante no desenvolvimento do conceito de *foresight*, o que fica

evidente pela afiliação de autores dessas regiões em um dos principais periódicos da área: *Technological Forecasting and Social Change*, fundado em 1969.

De acordo com Martin (1995), o *foresight* teve sua origem com a linha francesa da *La prospective* (MARTIN, 1995). *La prospective* não é considerada nem *forecasting* nem futurologia, mas sim uma forma de pensamento baseado na ação, a partir da utilização de um método, assim como cenários (GODET, 1986). De acordo com este autor, *La prospective* pode ser entendida a partir de sete ideias principais:

- Esclarece ações do presente à luz do futuro;
- Explora diversos futuros incertos;
- Adota uma abordagem sistêmica e global;
- Leva em consideração fatores qualitativos e as estratégias dos atores;
- Lembra que informações e *forecasts* não apresentam resultados neutros;
- Opta por abordagens que proporcionem variedade e complementariedade;
- Questiona ideias preconcebidas sobre as previsões e *forecasts*.

Uma das primeiras definições de *foresight* foi dada por Coates (1985 *apud* MARTIN, 2010, p. 1440, tradução nossa), que classificou *foresight* como sendo “um processo pelo qual se chega a uma compreensão mais completa das forças que moldam o futuro de longo prazo e que devem ser levadas em consideração na criação de políticas, planejamento e tomada de decisão”.

No início da década de 80, Irvine e Martin introduzem o termo *foresight* para designar a análise estratégica e de longo prazo para a discussão de políticas a respeito de ciência e tecnologia (MILES, 2010). De acordo com o autor, Irvine e Martin tiveram um papel crucial no desenvolvimento da terminologia de *foresight*, com a publicação de dois livros: *Foresight in Science – Foresight na Ciência* (IRVINE; MARTIN, 1984) e *Research Foresight – Pesquisa em Foresight* (IRVINE; MARTIN, 1989). Esses autores, na época, eram pesquisadores na Universidade de Sussex, Reino Unido, mais especificamente na *Science Policy Research Unit – SPRU* (em português, Unidade de Pesquisa em Ciência e Políticas), engajada principalmente com a pesquisas de estudos futuros (MARTIN, 2010).

Segundo Martin (2010), *foresight* parte do mesmo princípio da corrente francesa *La prospective*, que considera a existência de múltiplos futuros (GODET, 1986). Neste sentido, tanto o termo *foresight* quanto *La*

prospective “refletem a crença que o futuro está aí para ser criado por meio das ações que escolhemos para tomar hoje” (MARTIN, 2010, p. 1441, tradução nossa).

Na década de 80, enquanto havia a discussão de *foresight* e *La prospective* na Europa, os Estados Unidos ainda presenciava fortemente a presença do *forecasting*. O Japão, por outro lado, havia focado em uma nova abordagem: a do *technology foresight*. O termo TF foi utilizado a partir da década de 1990 com o objetivo de designar ferramentas políticas designadas para lidar com problemas científicos, tecnológicos e relacionados aos sistemas de inovação (MILES, 2010).

De acordo com Kanama (2013), há duas principais definições para TF: TF é um “é um meio sistemático de avaliar aqueles desenvolvimentos científicos e tecnológicos que poderiam gerar um impacto forte na competitividade industrial, criação de riqueza e qualidade de vida” (GEORGHIOU, 1996, p. 359, tradução nossa). A segunda é dada por Martin (1995, p. 359, tradução nossa), que define TF como um “processo que tenta sistematicamente olhar para o futuro em longo prazo da ciência, tecnologia, economia e sociedade com o objetivo de identificar as áreas de pesquisa estratégicas e tecnologias genéricas emergentes mais prováveis de rentabilizar o crescimento econômico e os benefícios sociais”.

Dessa forma, o termo *foresight* passou a ser utilizado, não só na Europa, mas também na Ásia e na América Latina (MARTIN, 2010). No Brasil, TF é conhecido como Prospecção tecnológica (QUINTELLA *et al.*, 2011; COELHO *et al.*, 2005). Nesta dissertação, será utilizado o termo em inglês *Technology foresight*.

Miles *et al.* (2008) resumem o desenvolvimento do *foresight* em cinco gerações principais:

- Primeira geração (antes da 2ª Guerra Mundial): nasce a partir das atividades de *forecasting*, sendo sua análise direcionada a dinâmica interna da tecnologia;
- Segunda geração (meados dos anos de 1960): é analisada a partir das lentes do mercado e da tecnologia, sendo o desenvolvimento tecnológico entendido a partir da sua contribuição e influência sobre os mercados;
- Terceira geração (década de 70): uma visão social é acoplada a ideia daquele *foresight* que tinha a perspectiva do mercado;
- Quarta geração (início dos anos 80): os programas de *foresight* influenciam a ciência e o sistema de inovação;

- Quinta geração (início de 2000): é caracterizado pela mistura dos *foresights* desenvolvidos nas outras gerações, combinado com elementos da tomada de decisão estratégica.

Andersen e Andersen (2014) destacam que durante a quarta geração do *foresight*, mais organizações começaram utilizá-lo. Na quinta geração, o *foresight* começou a ser aplicado a diferentes níveis, localizações, dimensões, a partir do uso de diferentes métodos e desenhos.

3.1.1 Objetivos do Technology Foresight

O objetivo de um *foresight* difere quanto ao tamanho do país ou região estudada, tempo de para seu desenvolvimento (KANAMA, 2013).

Um dos objetivos do TF mais citados corresponde ao fato deste explorar oportunidades futuras como meio de priorizar os investimentos em ciência e atividades inovadoras (GEORGHIOU; KEENAN, 2006; POPPER, 2008a; KANAMA, 2013; ANDERSEN; ANDERSEN, 2014). Além disso, Cuhls (2003), Georghiou e Keenan (2006), Amanatidou e Guy (2008) e Andersen e Andersen (2014) mencionam que o TF traz novos atores para a discussão estratégica sobre ciência e inovações políticas.

Popper (2008a), Kanama (2013), Popper et al. (2007) e Barré e Keenan (2008) mencionam ainda dois objetivos comuns do TF: este orienta a formulação e decisão das políticas e identifica oportunidades de investimento e pesquisa. Kanama (2013), Popper et al. (2007), Barré e Keenan (2008), juntamente com Cuhls (2003) e Andersen e Andersen (2014) destacam que o TF cria novas redes e ligações entre áreas, setores e mercados ou em torno de problemas específicos, reconhecendo as principais barreiras e indicadores para ciência, tecnologia e inovação e os grandes desafios mundiais (POPPER, 2008a; KANAMA, 2013; POPPER et al., 2007).

Pode-se citar também que o TF promove a visão de futuro estratégica (CUHLS, 2003; KANAMA, 2013; POPPER et al., 2007; BARRÉ; KEENAN, 2008) e o debate público (AMANATIDOU; GUY, 2008; POPPER et al., 2007; BARRÉ; KEENAN, 2008). Andersen e Andersen (2014) apontam que o objetivo final do TF é o crescimento econômico, a competitividade internacional e desenvolvimento do bem-estar social.

O Quadro 3 apresenta os principais objetivos do *foresight* com mais detalhe.

Quadro 3 - Objetivos do foresight.

	Cuhls (2003)	Georghiou e Keenan (2006)	Popper (2008a)	Amanatidou e Guy (2008)	Kanama (2013)	Popper et al. (2007)	Barré e Keenan (2008)	Andersen e Andersen (2014)
OBJETIVOS DO FORESIGHT								
Ampliar a escolha de oportunidades, para estabelecer prioridades e avaliar os impactos e oportunidades para o desenvolvimento de políticas	x							
Explorar oportunidades futuras como meio de priorizar os investimentos em ciência e atividades inovadoras		x	x		x			x
Reorientar a ciência e o sistema de inovação de acordo com suas características específicas, explorando novas estruturas institucionais		x						
Demonstrar a vitalidade da ciência e do sistema de inovação em termos de oportunidades tecnológicas disponíveis e avaliar a capacidade da ciência e da indústria em absorvê-las		x						
Trazer novos atores para a discussão estratégica sobre ciência e inovações políticas	x	x		x				x

Criar novas redes e ligações entre áreas, setores e mercados ou em torno de problemas específicos		x			x	x	x	x
Mobilizar e estruturar a rede de atores do sistema de inovação							x	
Prospectar o impacto das políticas tecnológicas	x							
Orientar quanto a formulação e decisão das políticas			x		x	x	x	
Reconhecer as principais barreiras e indicadores para ciência, tecnologia e inovação			x		x	x		
Encorajar o pensamento estratégico e focado no futuro			x			x		
Identificar oportunidades de investimento e pesquisa			x		x	x	x	
Ajudar a lidar com os grandes desafios mundiais			x		x	x		
Construir uma infraestrutura de conhecimento quanto a ciência, tecnologia e inovações					x			
Promover a visão de futuro estratégica	x				x	x	x	
Promover o debate público				x		x	x	
Aumentar a criatividade e a difusão e absorção do conhecimento				x				
Incentivar o crescimento baseado em inovações				x				
Alinhar necessidades, novas demandas, ideias e possibilidades	x							
Fortalecer e/ou transformar o sistema de inovação								x
Crescimento econômico, competitividade internacional e desenvolvimento do bem-estar social								x

Fonte: autora (2015).

3.1.2 Foresight e o desenvolvimento de políticas

Há uma gama de trabalhos que discutem a aplicação de *foresight* direcionados ao desenvolvimento de políticas (HABEGGER, 2010; ANDERSEN et al., 2014). Habegger (2010) destaca que o *foresight* aplicado ao desenvolvimento de políticas públicas focava, inicialmente, uma única área política, relacionada a tecnologia, ciência e política de inovação. Atualmente, ainda segundo o autor, os estudos continuam focados em ciência e tecnologia, mas passaram a agregar aspectos sociais e econômicos, além de expandir as dimensões políticas analisadas.

Geroghiou e Keenan (2006) afirmam que o desenvolvimento de um *foresight* cujo objetivo é fornecer uma orientação política foca no longo prazo e resulta, principalmente, em decisões políticas, alocação de recursos e tomada de decisão mais racional em relação a tempo e espaço. Havas, Schartinger e Weber (2010) argumentam que espera-se que o *foresight* traga um entendimento compartilhado dos problemas atuais, objetivos e estratégias de desenvolvimento, uma vez que o processo envolve a participação de especialistas e tomadores de decisões (da universidade, indústria e governo).

Costa et al. (2008) mencionam que a utilização de *foresight* para formulação de políticas tem seis funções: gerar insights a respeito da dinâmica da mudança desafios futuros e opções; facilitar a implementação de políticas; incorporar a participação civil ao processo de desenvolvimento de políticas; apoiar a definição das políticas; reconfigurar o sistema político; e indicar ao público que as políticas formuladas são baseadas em informações racionais.

Havas, Schartinger e Weber (2010), a partir de insights dos trabalhos de Costa et al. (2008), Eriksson e Weber (2008), elencaram as funções do *foresight* para o desenvolvimento de políticas em três dimensões (vide Figura 2):

- Informar as políticas quanto à geração de informações codificadas e consolidadas a respeito da dinâmica de mudança, desafios e oportunidades futuras, que funcionam como entradas para a formulação das políticas;
- Aconselhar sobre políticas estratégicas a partir de diferentes pontos de vistas, de diferentes atores do sistema, a respeito dos insights proporcionados pelo *foresight*;
- Facilitar a implementação das políticas a partir do aumento da resiliência do sistema frente às políticas formuladas.

Figura 2 - Funções relativas à política de foresight.



Fonte: Havas, Schartinger e Weber (2010, p. 94, tradução nossa).

O *foresight* considera o caráter interativo da inovação e salienta a importância da participação como meio de aumentar o efeito da coordenação e mobilização e, por este motivo, é considerado um instrumento notório no desenvolvimento de políticas públicas (ERIKSSON; WEBER, 2008). Assim, o *foresight*, através da participação de *stakeholders*, melhora as decisões políticas por meio de produtos concretos e leva ao aumento da comunicação, extensão das redes e geram mudanças no pensamento que levam a tomadas de decisão mais efetivas (HEBEGGER, 2010).

3.2 TIPOLOGIAS DO PROCESSO DE TECHNOLOGY FORESIGHT

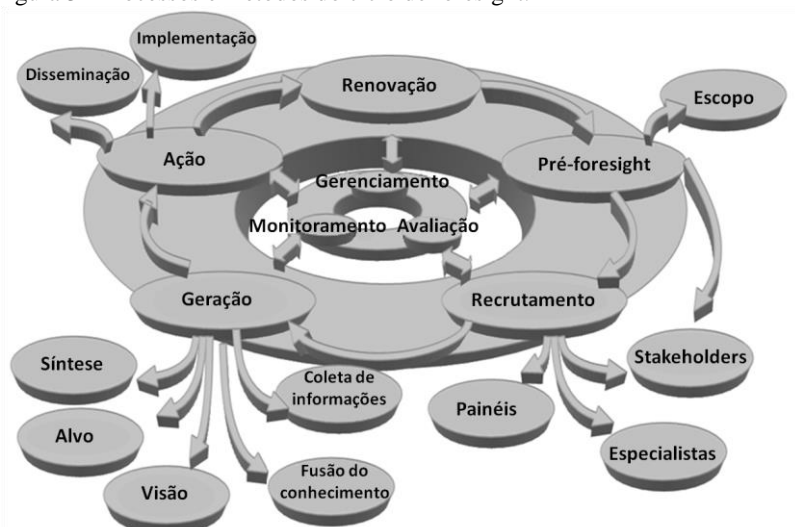
Na literatura de *foresight* há inúmeras discussões sobre processos, desafios, estilos, práticas e métodos de *foresight* (MILES, 2002; VOROS, 2003; ERIKSSON; WEBER, 2007; POPPER, 2008a, 2008b; COSTA et al., 2008; SARITAS, 2013; ANDERSEN; ANDERSEN, 2014). A seguir serão detalhados alguns dos mais relevantes.

3.2.1 Miles (2002) e Popper (2008a, 2008b)

Miles (2002) sugerem 5 principais etapas para a construção de um *foresight*: pré-foresight; recrutamento; geração; ação; renovação (Figura 3). Popper (2008a) utiliza o modelo de Miles, o qual ele considera dar uma visão mais sistêmica ao processo, para descrever nove elementos

fundamentais do processo de *foresight* (Figura 4). Assim, Popper (2008b) sugere cinco elementos de pré-foresight (contexto geográfico de P&D), cobertura de domínio, escala territorial, horizonte temporal e patrocínio); dois elementos de recrutamento (grupos alvo e escala de participação); um elemento de geração, que também está relacionado a todo o processo, mas é atribuído a esta etapa (*mix* de métodos); e um elemento que é consequência da etapa de geração e que influencia as etapas de ação e renovação (resultados codificados).

Figura 3 - Processos e métodos do ciclo de foresight.

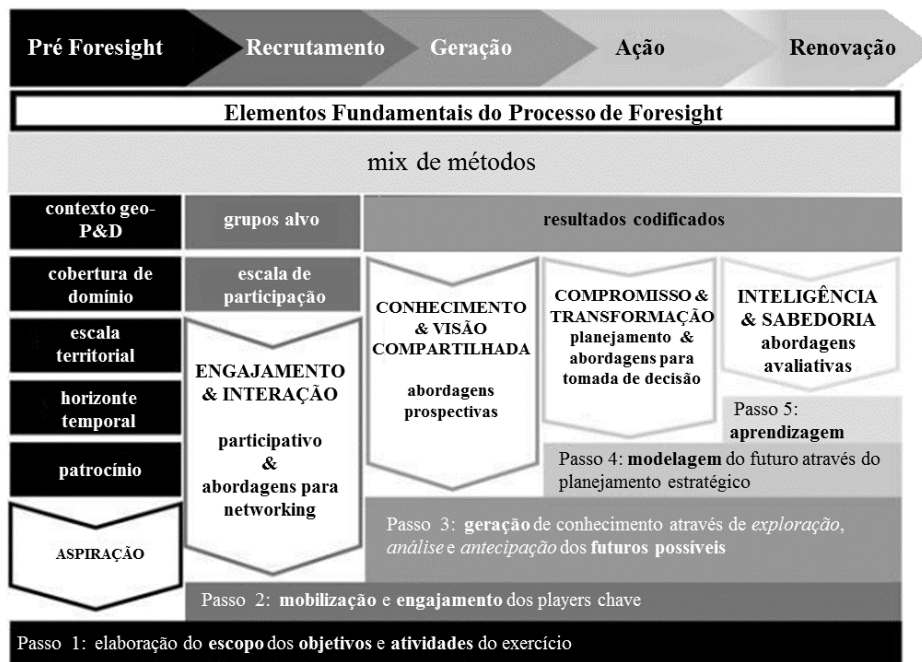


Fonte: Miles (2002, p. 8, tradução nossa).

- Pré-foresight: também denominada de fase de desenho ou escopo; os responsáveis pelo *foresight* definem os objetivos, equipe e o desenho da metodologia que será seguida;
- Recrutamento: esta etapa ocorre durante todo o processo, mas com diferentes intensidades. Além da do time definido na etapa de pré-foresight, recrutam-se os demais membros que serão responsáveis pela condução das próximas etapas (por exemplo, facilitadores, membros dos painéis, entre outros.);
- Geração: nesta etapa, os conhecimentos existentes são unidos, o conhecimento tácito é unificado, novos conhecimentos são gerados e novas visões de futuro são definidas;

- Ação: a etapa de ação envolve a priorização e tomada de decisão quanto às estratégias a serem seguidas, promoção e transferência de estratégias, tecnologias e políticas;
- Renovação: é o controle constante e avaliação dos resultados do *foresight*.

Figura 4 - Processo de foresight.



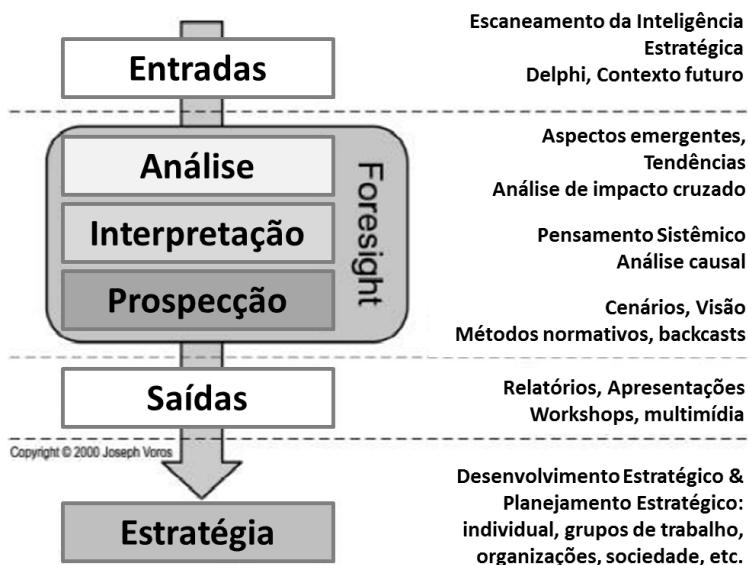
Fonte: Popper (2008b, p. 67, tradução nossa).

- Pré-foresight: nesta etapa, as decisões estratégicas para a condução do processo de *foresight* são tomadas
 - Contexto geográfico de P&D: é um fator usado para agrupar regiões mundiais de acordo com a representação percentual do gasto bruta em pesquisa e desenvolvimento em relação ao PIB;
 - Cobertura de domínio: é o setor, indústria ou área de abrangência da pesquisa;
 - Escala territorial: corresponde ao escopo geográfico da pesquisa;
 - Horizonte temporal: escala de tempo do estudo;
 - Patrocínio: tipos de atores que apoiam e financiam a pesquisa;
- Recrutamento: é identificar indivíduos, *stakeholders* e especialistas que possam contribuir para o desenvolvimento do conhecimento no processo
 - Grupos alvo: tipos de *stakeholders* envolvidos na pesquisa;
 - Escala de participação: nível de abertura do estudo;
- Geração: é nesta etapa que se geram os conhecimentos prospectivos e as visões estratégicas. Esta envolve três atividades interdependentes (exploração, análise e antecipação), está relacionado aos elementos *mix* de métodos e gera resultados codificados, que influenciarão as duas próximas etapas:
 - Exploração: identificar e entender questões, tendências e indicadores importantes para a pesquisa;
 - Análise: entender a relação entre essas questões, tendências e indicadores identificados na etapa anterior;
 - Antecipação: antecipar ou sugerir possíveis futuros;
 - Resultados codificados: é a produção de recomendações políticas, análise de tendências, indicadores e cenários;
 - *Mix* de métodos: é a combinação de métodos de *foresight*;
- Ação: é a implementação das políticas e decisões identificadas na etapa de Geração;
- Renovação: é entender as oportunidades e ameaças identificadas nos resultados codificados e no processo em si.

3.2.2 Voros (2003)

Voros (2003) propõe 4 etapas para o desenvolvimento do *foresight*: entradas, *foresight*, saídas e estratégias. A Figura 5 detalha as etapas e sugere metodologias para cada processo.

Figura 5 - Processo de foresight e metodologias sugeridas para cada etapa.



Fonte: Voros (2003, p. 15, tradução nossa).

- Entradas: as entradas correspondem à coleta de informações e escaneamento das estratégias de inteligências, ou seja, visualizar o que está acontecendo;
- *Foresight*: a etapa de *foresight* é dividida em três subetapas:
 - Análise: nesta subetapa, filtram-se as informações provenientes da etapa de Entrada, a fim de identificar o que parece estar acontecendo;
 - Interpretação: a partir das informações filtradas, os integrantes do *foresight* aprofundam a análise, a fim de verificar o que realmente está acontecendo;
 - Prospeção: corresponde às atividades relacionadas a construção de visões futuras. Nesta etapa, procura-se relacionar o que deve acontecer;

- Saídas: nesta etapa, procura-se identificar o que deve ser feito em prol do atingimento das visões futuras elencadas. As saídas podem ser de dois tipos, tangíveis ou intangíveis. As primeiras correspondem à relação de opções geradas pelo *foresight*. As segundas são aquelas decorrentes da mudança de pensamento após o processo;
- Estratégia: após toda a discussão, as estratégias resultantes do processo devem ser implementadas. O autor recomenda que esta etapa seja acompanhada por uma série de feedbacks e revisão do processo desde a etapa de Entrada.

3.2.3 Eriksson e Weber (2008)

Eriksson e Weber (2008) propõem o chamado *foresight* adaptativo. Este é caracterizado por adotar as noções de planejamento adaptativo ao conceito de *foresight*. Para os autores, o conceito de planejamento adaptativo pode servir como um guia para o panorama complexo da inovação, caracterizado por incertezas e pela interdependência. Assim, os autores listam dez etapas para a elaboração de um *foresight* adaptativo.

- Fase 1: realizar uma análise e revisão do campo a ser investigado, definindo o foco, os limites analíticos e os elementos para análise do sistema de inovação:
 - Atores;
 - Interações e o processo de tomada de decisão;
 - Estruturas organizacionais e institucionais;
 - Base de conhecimento;
 - A dinâmica do processo.
- Fase 2: elaborar cenários por meio de workshops com especialistas e *stakeholders*;
- Fase 3: especificar e explorar os cenários disponíveis;
- Fase 4: formular visões e objetivos coletivos, considerando o foco do sistema;
- Fase 5: identificar os desafios – oportunidades e ameaças – associados a cada cenários escolhido;
- Fase 6: identificar os caminhos coletivos em relação às melhores opções e aspectos chave para atingir a visão e os objetivos do *foresight*;
- Fase 7: identificar as estratégias coletivas, ou seja, caracterizar cada cenários em termos de tecnologias e políticas;

- Fase 8: identificar os objetivos, papéis e opções individuais, passando do trabalho coletivo para trabalho a nível organizacional;
- Fase 9: identificar as estratégias individuais, ou seja, as estratégias década cliente organizacional participante no *foresight*;
- Fase 10: implementar as políticas resultantes do processo do *foresight* adaptativo e coordenar o processo de aprendizado.

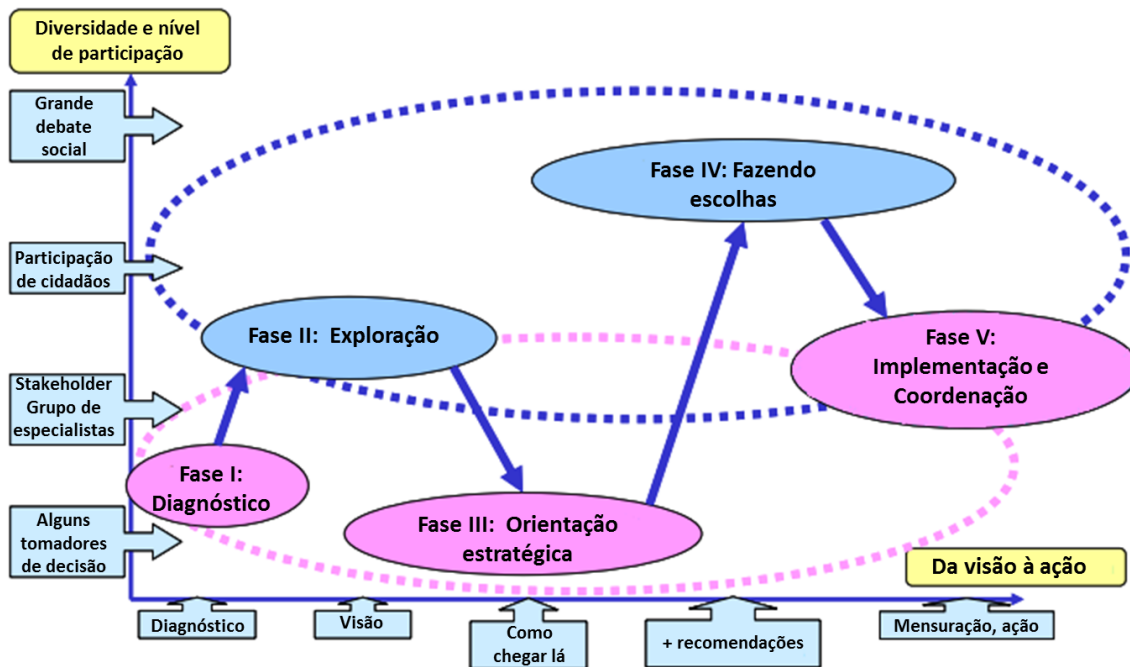
3.2.4 Costa et al. (2008)

Os autores apontam que diferentes tipos de *foresight* podem ser adaptados às diferentes funções políticas. Dessa forma, os autores se baseiam no modelo adaptativo de Weber (2008) e traçam algumas diretrizes a fim de melhorar a prática de *foresight* e ampliar o impacto deste na formulação de políticas:

- Analisar o contexto político;
- Moldar o futuro de acordo com as restrições do público alvo;
- Envolver decisores políticos na formulação das políticas;
- Envolver decisores políticos na definição da forma como as políticas serão implementadas;
- Reservar tempo para a absorção das políticas implementadas.

A Figura 6 apresenta as diferentes etapas do *foresight* hipotético. O eixo X representam as várias funções e o eixo Y, o nível de participação e atores envolvidos no processo de *foresight*. O círculo pontilhado na parte inferior representa as fases onde a participação dos atores é menor, enquanto o círculo pontilhado superior simboliza as etapas onde o processo é aberto.

Figura 6 - Exercício de foresight hipotético.



Fonte: Costa *et al.* (2008, p. 11, tradução nossa).

- Fase I – Diagnóstico: envolve a realização de um diagnóstico preliminar com decisores políticos e especialistas;
- Fase II – Exploração: nesta etapa, são elaborados cenários para os possíveis futuros, com a participação de *stakeholders*;
- Fase III – Orientação estratégica: corresponde à discussão, com decisores políticos, das possíveis estratégias que serão exploradas a fim de atingir o futuro desejado;
- Fase IV – Fazendo escolhas: envolve a realização de um debate público amplo para a escolha das estratégias;
- Fase V – Implementação e coordenação: nesta etapa, as opções selecionadas na etapa anterior são traduzidas em políticas.

3.2.5 Saritas (2013)

Saritas (2013) propôs um modelo para o desenvolvimento de um *foresight* sistêmico, cuja finalidade era lidar com a complexidade dos sistemas social humano. Sua metodologia para *foresight* compreende a integração de ferramentas quantitativas e qualitativas do *foresight* e especifica os requisitos mínimos necessários para atingir o objetivo do sistema. A Figura 7 ilustra as fases do *foresight* sistêmico proposto pelo autor:

Figura 7 - Fases da metodologia do Foresight Sistêmico.



Fonte: Saritas (2013, p. 95, tradução nossa).

- Inteligência (Fase de escopo - *surveys*, escaneamento, evidência): esta etapa inicia-se com o escaneamento e entendimento das questões sociais, tecnológicas, econômicas, ambientais, políticas e valores influenciadores do sistema;
- Imaginação (Fase criativa - conceitos, modelos, cenários, visão): compreende a sintetização dos dados coletados na etapa de Inteligência em forma de modelos e visões. O propósito da etapa de Imaginação é identificar o potencial, a flexibilidade e a capacidade de resposta do sistema;
- Integração (Fase de ordenamento - análise, negociação, prioridades): esta etapa abrange a análise sistemática das alternativas e a seleção daquelas mais alinhadas com os objetivos e valores dos sistema;
- Interpretação (Fase estratégica - agenda, estratégias): esta etapa conecta os futuros desejados com os aspectos do presente, a fim de criar uma agenda e desenvolver estratégias de ação;
- Intervenção (Fase de ação - planos, políticas, ações): envolve a criação de planos, políticas e ações a serem conduzidas a fim de gerar mudanças e implementar transformações estruturais e comportamentais no sistema;
- Impacto (Fase de avaliação): consiste na revisão, avaliação e renovação do *foresight*, ou seja, nesta etapa, examinam-se os impactos durante e após o processo de *foresight*.

3.2.6 Andersen e Andersen (2014)

Recentemente, Andersen e Andersen (2014), através da análise da coevolução dos conceitos de inovação e *foresight*, concluíram que as mudanças de ambas as áreas foram concomitantes. De acordo com os autores, *foresight* tem incorporado gradualmente o entendimento sistêmico à inovação.

O termo “*foresight* inovativo” foi utilizado anteriormente por Weber et al. (2009), que desenvolveu a abordagem de *foresight* setorial de inovação, e Porter (2010), que deu atenção à interação entre as forças socioeconômicas e as capacidades técnicas emergentes que afetam produtos e serviços. Estas duas abordagens prévias, entretanto, ainda não haviam enfatizado a interdependência sistêmica das dimensões científicas, tecnológicas e inovativas do SI.

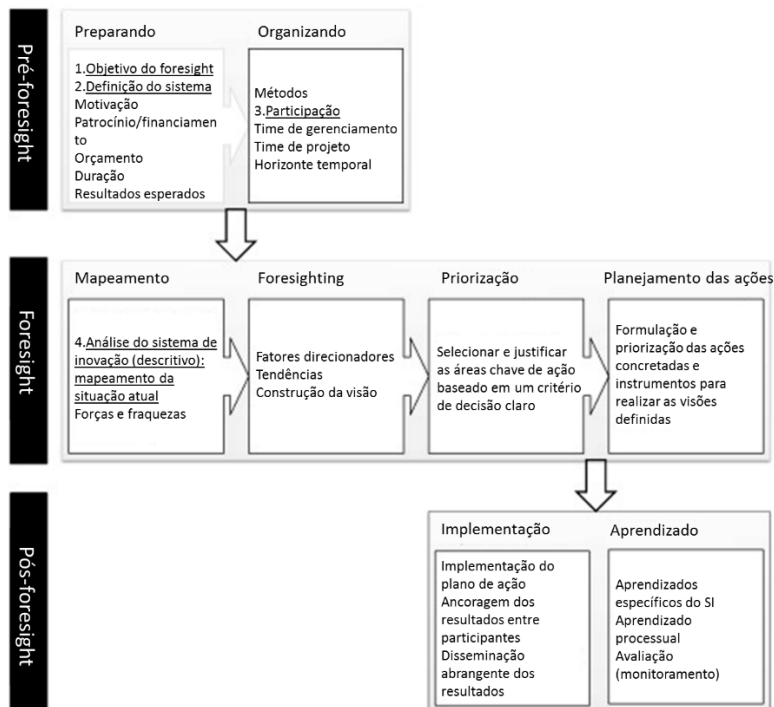
Andersen e Andersen (2014) então propõem o chamado Foresight para Sistema de Inovação (em inglês, *Innovation System Foresight* - ISF),

que efetivamente incorpora o *framework* de SI como base teórica. A proposta dos autores vem para preencher duas lacunas presentes na literatura. A primeira está relacionada ao fato de fazer com que o *foresight* foque na implementação e conduza o processo de mudança estrutural, não se limitando apenas à indicação de prioridades (EDLER; GEORGHIOU, 2007). A segunda é reconhecer que o *foresight* se encontra em um ambiente complexo, que pode afetar tanto o seu processo quanto seu impacto nas atividades inovadoras (CARIOLA; ROLFO, 2004).

O ISF pode ser definido como sendo um processo, sistêmico, sistemático, participativo, agrupador e de longo-prazo que visa auxiliar a tomada de decisão no presente, promovendo ações conjuntas para melhorar o desempenho do sistema de inovação com o objetivo maior de orientá-lo ao comportamento futuro desejado (ANDERSEN; ANDERSEN, 2014). De acordo com os autores, o ISF vem para entender as relações entre ciência, tecnologia e inovação, identificando suas barreiras e sinergias.

A Figura 8 ilustra as etapas genéricas propostas por Andersen e Andersen (2014) para a construção do ISF.

Figura 8 - Etapas genéricas do ISF.



Fonte: Andersen e Andersen (2014, p. 283, tradução nossa).

- Pré-foresight
 - Preparando: a etapa de preparação envolve a definição dos objetivos do *foresight* e especificação do sistema de inovação que será analisado.
 - **Objetivo do *foresight*:** o objetivo principal dos *foresight*, de acordo com os autores, é crescimento econômico, competitividade internacional e desenvolvimento e bem estar social.
 - **Definição do sistema:** com base no objetivo do *foresight* e nos interesses dos *stakeholders*, define-se os limites do SI que será objeto de análise. O sistema de inovação pode ser delimitado espacialmente, setorialmente ou tecnologicamente, podendo apresentar as

dimensões nacional, regional, tecnológica e setorial.

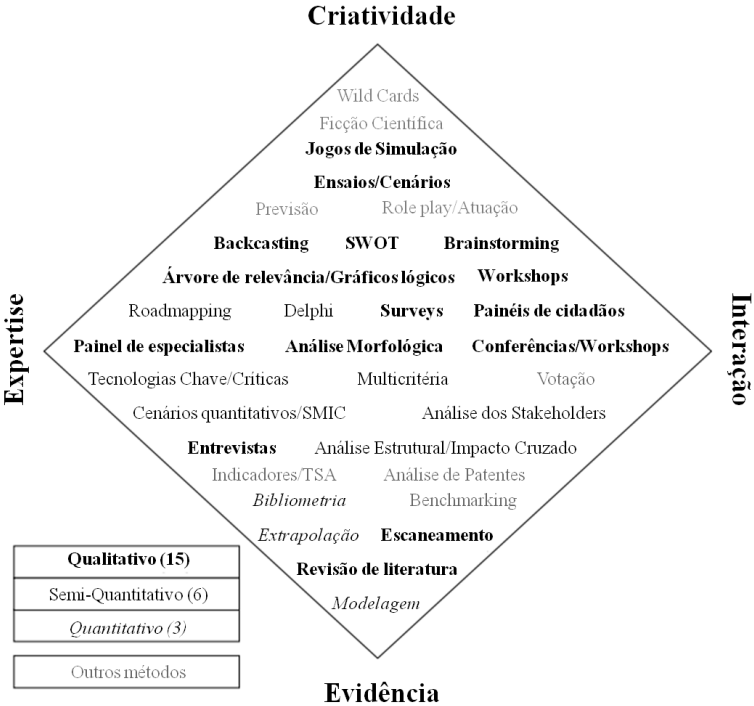
- Organizando: a etapa de organização envolve a seleção de métodos e a participação dos atores.
 - Métodos: corresponde à definição dos métodos que serão utilizados para o ISF.
 - Participação dos atores: para a definição dos atores, deve-se considerar os representantes de todos os elementos do SI.
- Foresight
 - Mapeamento: há diferentes métodos que podem ser aplicados para o mapeamento do presente, como por exemplo análise da matriz SWOT (*strengths* - forças, *weaknesses* - fraquezas, *opportunities* - oportunidades e *threats* – ameaças). Entretanto, muitos desses métodos não explicitam como deve ser realizada a análise do SI. Dessa forma, os autores sugerem para a análise do sistema, a utilização do conceito de funções do SI.
 - Foresighting: esta etapa compreende a identificação dos fatores direcionadores, das tendências e visões de futuro do SI.
 - Priorização: envolve a seleção das áreas chaves de ação.
 - Planejamento das ações: corresponde à formulação das ações concretas, bem como a definição dos instrumentos que serão utilizados para executar as alcançar a visão definida.
- Pós-foresight
 - Implementação: compreende a implementação do plano de ação pré-definido, ancoragem dos resultados e disseminação dos mesmos.
 - Aprendizado: é a avaliação dos resultados aprendizados em relação ao SI e do processo de ISF como um todo. Nesta etapa também se realiza a avaliação do que foi planejado e implementado.

3.3 MÉTODOS DE TECHNOLOGY FORESIGHT

Como colocado por Saritas (2013), os métodos de *foresight* são componentes responsáveis pela coleta de dados e informações, exploração de novas ideias e situações e negociação de soluções. Popper

(2008b) descreve que são dois os atributos essenciais para a metodologia de *foresight*: natureza e capacidade. De acordo com a natureza, o método de *foresight* pode ser qualitativo, quantitativo ou semiquantitativo. O método qualitativo geralmente fornece significado para eventos e percepções. O quantitativo mensura variáveis e, em geral, aplicam análise estatística. Por fim o método semiquantitativo são aqueles que utilizam medidas matemáticas para quantificar a subjetividade, julgamentos e pontos de vista. A capacidade dos métodos corresponde à habilidade do método em processar as informações baseadas em evidência, expertise, interação ou criatividade. O atributo criatividade refere-se aos pensamentos originais e imaginários dos grupos de pessoas envolvidos no processo. A expertise corresponde às habilidades e conhecimentos dos indivíduos em uma determinada área. A interação ocorre pela articulação entre os especialistas para a resolução de um determinado problema. Por fim, o atributo evidência está relacionado às estatísticas e indicadores métricos que serão utilizados na análise. A Figura 9 apresenta a relação dos métodos aplicados para *foresight* em relação a cada atributo:

Figura 9 - O diamante do foresight.



Fonte: Popper (2008b, p. 66, tradução nossa).

De acordo com Saritas e Burmaoglu (2015), a seleção dos métodos para realizar o *foresight* depende de uma variedade de fatores, sendo os seguintes os critérios a serem considerados:

- Experiências anteriores de *foresights* realizados em outros locais;
- Disposição de recursos financeiros e intelectuais;
- Urgência (limitação de tempo);
- Nível de participação desejado dos *stakeholders* do processo e especialistas do assunto a ser tratado;
- Nível de engajamento dos *stakeholders*
 - Normativo: os *stakeholders* participam da tomada de decisão;
 - Substantivo: implica em enriquecer o processo a partir da contribuição e participação dos *stakeholders* em

termos de conhecimento e capacidade de resolução de problemas;

- Instrumental: considera que a participação dos *stakeholders* no processo aumenta a confiança e a aceitação dos resultados do *foresight*;
- Capacidade para a combinação de métodos (triangulação);
- Deve ser customizado, bem explicado e justificado;
- A escolha do método deve ser adequar ao objetivo do *foresight*
 - Objetivos orientados a processos devem envolver métodos que incentive a discussão e interação dos grupos;
 - Objetivos orientados ao produto devem contar com métodos que gerem uma lista de tecnologias críticas;
- Os requisitos qualitativos e quantitativos dos dados, disponibilidade dos especialistas são fatores determinantes que, se não encontrados internamente ao processo, devem ser terceirizados;
- O conhecimento da metodologia é um fator chave e esta deve ser adequada às características do processo de *foresight*.

Popper (2008b), a fim de auxiliar no processo de escolha, analisa e apresenta 11 fatores (Figura 10) que devem ser considerados na escolha do método, considerando os atributos e os nove elementos do processo de *foresight* apontados por ele (vide subseção 3.2.1).

Figura 10 - Fatores que influenciam a escolha do método de foresight.

Atributos dos métodos de <i>foresight</i>					
		Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
Natureza intrínseca (isto é qualitativo, quantitativo ou semiquantitativo)					****
Capacidade de reunir e processar evidências, expertise, criatividade e interação				***	
Elementos do processo de <i>foresight</i>					
		Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
Etapa de Pré-foresight	Contexto geográfico de P&D			***	
	Cobertura de domínio	•			
	Escala territorial		**		
	Horizonte temporal		**		
	Patrocínio		**		
Etapa de Recrutamento	Grupos alvo	•			
	Escala de participação		**		
Etapa de Geração, Ação e Renovação	Resultados codificados			***	
	Mix de métodos				****

Fonte: Popper (2008b, p. 83, tradução nossa).

A *European Foresight Monitoring Network* - EFMN (POPPER *et al.*, 2007) analisou 846 iniciativas de *foresights* que desenvolveram mapeamentos aprofundados nos países:

- Europeus (Noruega, Suíça, Islândia e 27 membros da União Europeia): 485 casos e 1835 métodos;
- Transeuropeus (casos envolvendo dois ou mais países da União Europeia): 61 casos e 192 métodos;
- América do Norte (Canadá e Estados Unidos): 109 casos e 328 métodos;
- América Latina: 24 casos e 188 métodos;
- África: 10 casos e 47 métodos;
- Ásia (Leste, Centro-sul, Sudeste e Oeste): 51 casos e 280 métodos;
- Oceania (Austrália e Nova Zelândia): 15 casos e 35 métodos.

A partir da análise dessas iniciativas, foi possível mapear os 10 métodos de mais empregados nessas regiões, como apresentado pela Figura 11.

Figura 11 - Os 10 métodos de foresight mais aplicados por região.

Top 10	EU27+	Trans-Europa	América do Norte	América Latina	Ásia	África	Oceania
1	Revisão de Literatura (63%)	Revisão de Literatura (48%)	Painel de Especialistas (57%)	Outros métodos (71%)	Painel de Especialistas (80%)	Cenários (60%)	Backcasting (33%)
2	Painel de Especialistas (57%)	Cenários (41%)	Workshops Futuros (46%)	Painel de Especialistas (67%)	Cenários (57%)	Análise de Megatendências (50%)	Entrevistas (33%)
3	Cenários (47%)	Painel de Especialistas (30%)	Revisão de Literatura (45%)	Revisão de Literatura (67%)	Revisão de Literatura (55%)	Revisão de Literatura (50%)	Painel de Cidadãos (33%)
4	Outros métodos (24%)	Workshops Futuros (23%)	Technology Roadmapping (39%)	Escaneamento Ambiental (63%)	Entrevistas (45%)	Workshops Futuros (40%)	Questionário/ Survey (27%)
5	Workshops Futuros (22%)	Brainstorming (21%)	Tecnologias Chave (28%)	Brainstorming (63%)	Questionário/ Survey (39%)	Painel de Especialistas (40%)	Análise de Megatendências (20%)
6	Brainstorming (20%)	Análise de Megatendências (19%)	Cenários (17%)	Questionário/ Survey (58%)	Brainstorming (37%)	Ensaaios (30%)	Extrapolação de Tendências (20%)
7	Extrapolação de Tendências (19%)	Extrapolação de Tendências (19%)	Análise de Megatendências (16%)	Entrevistas (50%)	Delphi (35%)	Questionário/ Survey (30%)	Delphi (20%)
8	Delphi (18%)	Outros métodos (19%)	Entrevistas (10%)	Análise SWOT (50%)	Extrapolação de Tendências (27%)	Modelagem e Simulação (30%)	Cenários (13%)
9	Análise SWOT (15%)	Modelagem e Simulação (13%)	Ensaaios (6%)	Cenários (42%)	Análise de Megatendências (25%)	Extrapolação de Tendências (30%)	Brainstorming (13%)
10	Entrevistas (15%)	Questionário/ Survey (13%)	Extrapolação de Tendências (6%)	Análise Estrutural (36%)	Modelagem e Simulação (25%)	Outros métodos (30%)	Painel de Especialistas (13%)

Fonte: Adaptado Popper *et al.* (2007).

Pode-se observar a partir da análise da Figura 11, que há a predominância de alguns métodos em algumas regiões no mundo. Por exemplo, na América do Norte os três métodos predominantes para o desenvolvimento de *foresights* são painel de especialistas, workshops e revisão de literatura. Na Europa, por outro lado, o método mais utilizado é a revisão de literatura, painel de especialistas e cenários. A revisão de literatura e painel de especialistas são métodos também predominantes na América Latina. Apesar de haver essa predominância, não há um método certo para desenvolver o *foresight*, como apontado por Popper (2008b) e Saritas e Burmaoglu (2015), existem fatores que devem ser considerados na escolha. Assim, essa escolha partir da profundidade e capacidade do método, bem como do reconhecimento do pesquisador do *foresight* como um processo (POPPER, 2008b).

Miles et al. (2008) caracteriza os *foresights* europeus como sendo mais fragmentados em termos de atores e metodologias aplicadas do que aqueles desenvolvidos, por exemplo, pelos Estados Unidos. Em geral, nos EUA, os *foresights* envolvem milhares de pessoas, enquanto a Europa, estes abrangem o desenvolvimento de cenários para micro e pequenas empresas, estudos regionais e nacionais e avaliação do ambiente para o desenvolvimento de políticas públicas. Saritas e Burmaoglu (2015) identificaram que os *foresights* desenvolvidos no Japão concentram-se na aplicação do Delphi e desenvolvimento de cenários; os da Coreia do Sul aplicam *benchmarking*, dinâmica de sistemas, pesquisa de tendências e análise de cenários.

A análise estrutural é uma das ferramentas mais utilizadas na América do Sul. De acordo com Popper et al. (2007), este fato pode ser explicado pela forte influência dos *foresights* estratégicos franceses entre as décadas de 1980 e 1990. Além disso, o relatório da EFMN ainda indicou a forte presença de práticas como o *roadmapping* na América do Norte.

Popper (2008a) apresenta 33 principais métodos para *foresight* (Figura 12):

Figura 12 - Classificação dos métodos de foresight por tipo de técnica.

Qualitativo	Quantitativo	Semiquantitativo
Métodos que forneçam significado para eventos e percepções. Estas interpretações tendem a serem baseadas na subjetividade ou criatividade, difíceis de serem corroboradas (por exemplo, opiniões, sessões de brainstorming, entrevistas)	Métodos que mensuram variáveis e aplicam análises estatísticas, utilizando ou gerando (preferencialmente) dados confiáveis e válidos (por exemplo, indicadores socioeconômicos)	Métodos que aplicam princípios matemáticos para quantificar a subjetividade, julgamentos racionais e ponto de vistas de especialistas e comentaristas (por exemplo, ponderação das opiniões ou probabilidade)
1. Backasting	20. Bibliometria	26. Impacto cruzado/Análise estrutural
2. Brainstorming	21. Indicadores/Análise de séries temporais	27. Delphi
3. Painéis de cidadãos	22. Indicadores/Análise de séries temporais	28. Tecnologias críticas/chaves
4. Conferências/Workshops	23. Modelagem	29. Análise multicritério
5. Ensaio/Cenários	24. Análise de patentes	30. Votação
6. Paineis de especialistas	25. Extrapolação de tendências/Análise de impacto	31. Cenários quantitativos
7. Previsão		32. Roadmapping
8. Entrevistas		33. Análise de stakeholders
9. Revisão de literatura		
10. Análises morfológicas		
11. Árvore de relevância/Gráficos lógicos		
12. Role play/Atuação		
13. Escaneamento		
14. Cenários/Workshops para cenários		
15. Ciência Ficcional		
16. Jogos de Simulação		
17. Surveys		
18. Análise SWOT		
19. Sinais de fraqueza/Wild Cards		

Fonte: Popper (2008a, p. 54, tradução nossa).

A seguir estão descritos alguns dos métodos mais utilizados para TF.

3.3.1 Delphi

O método Delphi é uma ferramenta popular em sistemas de informação (OKOLI; PAWLOWSKI, 2004) e corresponde ao processo interativo de coletar opiniões de especialistas utilizando uma série de técnicas para coleta de dados e análise, intercaladas com um processo de feedback (SKULMOSKI; HARTMAN; KRAHN, 2007). De acordo com estes autores, o Delphi é muito usado quando o conhecimento sobre um dado problema é incompleto, visando melhorar a sua compreensão. A análise Delphi é uma dos métodos qualitativos de análise futura mais conhecido atualmente (DUINKER; GREIG, 2007).

Landeta (2006) aponta que o Delphi é uma técnica popular de *forecasting* e pode auxiliar na tomada de decisão. Os autores destacam como principais características: o fato de ser um processo repetitivo, onde os especialistas são consultados no mínimo 2 vezes; mantém anônima a identidade dos participantes; feedback controlado, onde as informações irrelevantes são eliminadas; processamento estatístico das respostas.

3.3.2 Painel de especialistas

Painel de especialistas é uma técnica de coleta de dados que “reúne várias pessoas consideradas capazes para o tratamento das questões envolvidas o objetivo de pesquisa, geralmente implicando a análise de tema complexo e controverso” (PINHEIRO; FARIAS; ABE-LIMA, 2013). De acordo com os autores, o painel de especialistas pode ser usado em dois momentos diferentes da pesquisa: nas fases iniciais, para auxiliar no estabelecimento das bases para a investigação; e para a coleta de dados em si, como estratégia de investigação ou combinado com outros métodos de coleta de dados.

3.3.3 Cenários

Há várias abordagens na literatura sobre a construção de cenários (POSTMA; LIEBL, 2005; DUINKER; GREIG, 2007). Postma e Liebl (2005) apontam que a cenários são compreendidos pela criação de imagens alternativas de como o ambiente externo irá se desenvolver. Sendo assim, cenários não objetivam fazer previsões, mas descrever

imagens do futuro que ampliem as perspectivas dos tomadores de decisão (DUINKER; GREIG, 2007).

Um cenário corresponde à descrição de uma situação futura e do curso de eventos que permite algo passar da situação atual para uma situação futura (GODET, 2000). De acordo com Duinker e Greg (2007), a construção de cenários tem duas funções principais: gerenciamento de risco, em que os tomadores de decisão são expostos a diferentes futuros possíveis, e a geração de ideias. Ainda de acordo com os autores, a construção de cenários é fortificada quando se analisam diferentes cenários futuros, sendo que o aspecto chave para seu sucesso é não se fixar a um cenário específico.

Godet (2000) apresenta duas categorias principais de cenários: exploratório e normativo. O exploratório analisa tendências passadas e presentes a fim de desenhar um futuro provável. O cenário normativo apresenta visões alternativas do futuro desejado ou temido.

3.3.4 Revisão de literatura

De acordo com Popper (2008b), a revisão de literatura em *foresight* corresponde ao processo de escaneamento do ambiente. Neste caso, os pesquisadores tentam explicar as visões futuras a partir do ponto de vista de diferentes autores.

3.3.5 Análise SWOT

A análise SWOT é um método utilizado para a formulação de estratégias que objetiva identificar as forças e fraquezas de uma organização e as oportunidades e ameaças no ambiente (DYSON, 2004). Segundo o autor, a partir da identificação desse quatro fatores, é possível desenvolver as estratégias que irão fortalecer as forças, eliminar as fraquezas, explorar as oportunidades e conter as ameaças.

3.3.6 Technology roadmapping

TRM é uma abordagem que relaciona tecnologia, políticas, negócios e aspectos sociais com o objetivo de promover inovações (DAIM; OLIVER, 2008; GARCIA; BRAY, 1997; LEE; PARK, 2005; MOEHRLE; ISENMANN; PHAAL, 2013; SARITAS; AYLEN, 2010). Além disso, Phaal, Farrukh, and Probert (2004, p.5) colocam que o TRM é uma “técnica flexível utilizada na indústria para apoiar o pagamento estratégico de longo prazo. A abordagem fornece meios estruturais (e

geralmente gráficos) para explorar e comunicar as relações entre a evolução e o desenvolvimento de mercados, produtos e tecnologias ao longo do tempo”. Pela importância deste método para esta dissertação, o mesmo será explicado em detalhe no próximo capítulo.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo procurou abordar as principais definições, objetivos, tipologias e métodos de *Technology foresight*. O TF é uma técnica de análise tecnológica orientada ao futuro que evoluiu ao longo dos anos e é utilizado diversos países do mundo, com diferentes propósitos e dimensões, para tratar do processo de desenvolvimento tecnológico.

Um dos principais objetivos do TF é o desenvolvimento econômico. Uma outra função difundida na literatura é a utilização de TF para a formulação de políticas.

Entre as diferentes tipologias de TF, uma delas, bem recentemente, avançou a respeito da construção de um TF orientado à inovação. Este foi chamado de *Innovation System Foresight* (ISF), cuja proposta envolve a integração da visão sistêmica ao processo de *foresight*. Essa integração teria o propósito de trazer novos atores ao debate das estratégias, a fim de explorar as alternativas futuras e desenvolver políticas orientadas ao alcance do sistema desejado.

Apesar desses avanços, ainda não está claro como operacionalizar o uso do TF com SI. Os diferentes métodos já aplicados e reconhecidos mundialmente, poderiam ser utilizados a fim de cobrir essa lacuna.

Podem-se citar como exemplos de métodos de TF, o Delphi, painel de especialistas, análise de cenários, revisão de literatura, análise SWOT, *technology roadmapping*, entre outros. Em algumas regiões há a predominância do uso de um ou outro método, mas isso não quer dizer que não possam ser utilizados outros. A escolha desses métodos fica a critério do pesquisador, que deve analisar aspectos como recursos financeiros e intelectuais disponíveis, adequação ao escopo do projeto, conhecimento do método aplicado, entre outros aspectos. Nesse contexto, esta dissertação utilizará o TRM, uma vez que este é um método que consegue relacionar diferentes dimensões do ambiente, a fim de promover inovações. Este método atuará como o integrador entre SI e o processo de *foresight*, a fim de contribuir para as lacunas de pesquisa analisadas neste trabalho.

4 TECHNOLOGY ROADMAPPING

Entre as metodologias mais adotadas para a identificação e projeção de tecnologias futuras, assim como para o desenvolvimento das competências e tecnologias essenciais de uma corporação, está o *Technology Roadmap* (LEE; KIM; PHAAL, 2012). Outras abordagens relacionadas ao TRM são as de previsão, prospecção, futuro, Delphi, planejamento de cenários, *backcasting* e outras relacionadas ao desenvolvimento de estratégias tecnológicas (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). Para a análise das tendências tecnológicas, Coates *et al.* (2001) citam ainda a TRIZ, ciências complexas e gestão de crises, múltiplas perspectivas e prospecção de dados.

O primeiro artigo sobre *Technology Roadmapping* foi produzido por Willyard e McClees (1987), que descreveram o TRM da Morotola sobre o desenvolvimento do rádio para carros. As publicações sobre o assunto só começaram a crescer a partir de 1996, sendo que até 1995 haviam 6 artigos que tratavam sobre tema. O salto nas publicações só ocorreu em 2004, com o total de 63 artigos naquele ano.

Amer e Daim (2010) colocam que o TRM foi usado inicialmente nos Estados Unidos, pela General Eletric, no início de 1900, e pela indústria de alumínio, na década de 1950. Probert e Radnor (2003) citam que, apesar de o TRM ter nascido na indústria automotiva, a Motorola e a Corning foram as primeiras a proporem uma abordagem sobre o assunto, no final da década de 1970 e início de 1980. A Corning desenvolveu um mapa de eventos críticos para as estratégias corporativas e de negócio. A Motorola, por sua vez, teve como enfoque a evolução da tecnologia.

Em 1997, a EIRMA (*European Industrial Research Management Association*) lança um estudo realizado com 25 companhias sobre suas experiências no processo de *roadmapping*. Esse estudo resultou em um processo composto de oito estágios para a elaboração de um *roadmap* (PROBERT; RADNOR, 2003).

Geum e Park (2012) citam que muitos estudos foram desenvolvidos em TRM a respeito de suas características (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004), tipos (PHAAL et al., 2003; KAPPEL, 2001; LEE; PARK, 2005) e formatos (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004; LEE; PARK, 2005).

Os *roadmaps* mais recentes tiveram como foco principal a prospecção de iniciativas governamentais ou setoriais (PHAAL, 2006), por exemplo: o *technology roadmap* da *Semiconductor Industry Association* (KOSTOFF; SCHALLER, 2001) e o *UK Foresight Vehicle*

(PHAAL, 2002). Outros exemplos de aplicação do TRM são em empresas estadunidenses, tais como a Lucent e a Hewlett-Packard (PROBERT; RADNOR, 2003).

As principais lacunas identificadas na literatura sobre TRM são em relação à carência de pesquisas quantitativas sobre o assunto. A maior parte dos estudos sobre TRM publicados tem como base a pesquisa qualitativa e são baseados em estudos de caso. Carvalho, Fleury e Lopes (2013) desenvolveram uma revisão sistemática da literatura sobre TRM, abrangendo o período de 1997 a 2011. Em sua pesquisa, os autores identificaram que há pouca evidência de pesquisas quantitativas relacionadas ao conceito de TRM. Além disso, a pesquisa aponta que não há o desenvolvimento de métricas para avaliar a aplicação do método e nem a sugestão de um conjunto de melhores práticas para o desenvolvimento de um *roadmap*.

Vatanan e Gerdri (2012) também fizeram uma pesquisa com centenas de artigos sobre TRM e identificaram as principais lacunas e oportunidades de pesquisa sobre TRM. No estágio inicial do desenvolvimento de um *roadmap*, os autores identificaram que a literatura não aborda questões do tipo como selecionar o TRM adequado aos objetivos da organização. Nesse sentido, uma oportunidade de pesquisa seria a proposta de um quadro padrão para a customização da arquitetura e do processo de *roadmapping*.

Os mesmos autores também citam lacunas e oportunidade de pesquisas relacionadas à fase de desenvolvimento e de integração. As publicações analisadas sugerem que não há um procedimento para facilitar workshops ou painéis para a construção do TRM e nem como ou quando realizar a atualização do *roadmap*. Nesse sentido, as seguintes oportunidades de pesquisa podem ser identificadas: desenvolvimento de procedimentos que apoiem workshops e painéis e de ferramentas que auxiliem na manutenção e atualização do *roadmap*, respectivamente.

A seguir, serão apresentados as definições e tipologias do TRM na subseção 4.1. O item 4.2 traz os principais processos de TRM presentes na literatura. Por fim, a subseção 4.3 apresenta as considerações finais do capítulo.

4.1 DEFINIÇÃO E TIPOLOGIAS

A definição de *technology roadmap* dada por Galvin (1998, p. 803), filho do fundador da Motorola e CEO da empresa de 1956 até o início dos anos 90, é a seguinte:

Roadmaps comunicam visão, atraem recursos das empresas e do governo, estimulam investigações e monitoram o progresso. Eles se tornaram um inventário de possibilidade para um determinado campo, estimulando desde o início investigações mais focadas. Eles são facilitadores de uma rede interdisciplinar de busca. Mesmo espaços desconhecidos podem conjurar investigações promissoras. Na engenharia, o processo de *roadmapping* tem exercido uma influência tão positiva no governo e nas indústrias que os questionamentos sobre o suporte deste para a tecnologia fundamental são inexistentes.

Um “*road map*”, em seu termo genérico, corresponde a um layout de caminhos ou rotas que pode existir em um certo espaço geográfico e atua como um direcionador de um plano de viagem (KOSTOFF; SCHALLER, 2001). Assim como um mapa mostra um caminho considerando um ponto de partida e um ponto de chegada e os pontos críticos, o TRM também o faz (DAIM; OLIVER, 2007).

Do ponto de vista da organização, o *technology roadmap* é um plano tecnológico direcionado às necessidades da empresa e tem como objetivo identificar, selecionar e desenvolver alternativas tecnológicas para as diferentes demandas de produto (LEE; KIM; PHAAL, 2012). Garcia e Bray (1997) colocam que o TRM é ferramenta usada para o planejamento e coordenação, com a finalidade de prover uma empresa ou indústria com melhores informações para a tomada de decisão em relação a seus investimentos.

Groenveld (1997) coloca que o processo de *roadmapping* contribui para a integração entre o negócio e a tecnologia. Phaal, Farrukh e Probert (2004) acrescentam que TRM é de uma técnica de suporte ao planejamento e gerenciamento da tecnologia, para exploração e comunicação das relações entre recursos tecnológicos, objetivos organizacionais e ambiente de mudança. O *technology roadmapping* é uma estratégia de nível mais alto para o desenvolvimento de alternativas tecnológicas, provendo um meio de identificar, medir e selecionar essas alternativas, com a finalidade de satisfazer uma necessidade (GARCIA; BRAY, 1997; KOSTOFF; SCHALLER, 2001).

De acordo com Galvin (1998), um “*roadmap*” traz uma visão de futuro de uma determinada área e é composta pelos principais indicadores de mudança relacionados a essa área. Além disso, os *roadmaps* compreendem teorias e tendências, formulação de modelos, identificação das lacunas de conhecimento, interpretação de investigações e

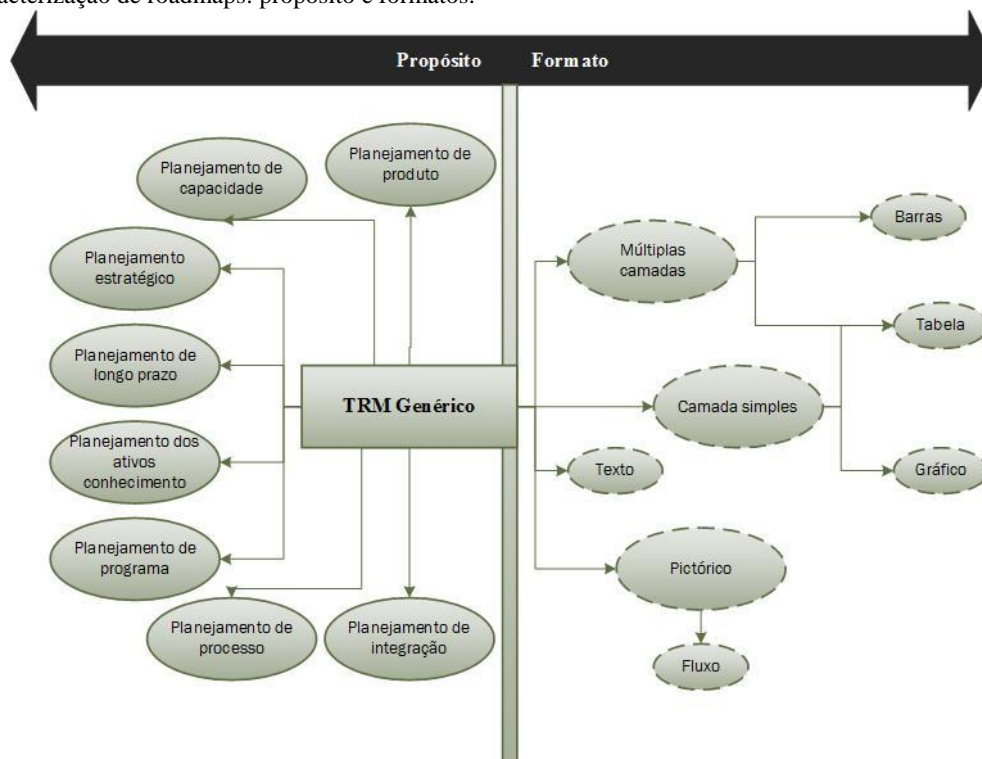
experimentos e a identificação de instrumentos para a resolução de problemas.

O TRM possui uma estrutura que permite entender as relações entre áreas tecnológicas específicas, a performance do sistema e os *drivers* industriais (PHAAL, 2002). Esses *drivers*, por sua vez, auxiliam a identificar as mudanças que ocorrem no mercado, tecnologias, ecologia, economia, política e sociedade (CASTORENA; RIVERA; GONZÁLEZ, 2013).

4.1.1 Tipos de TRM: propósito e formato

Phaal, Farrukh e Probert (2004), através da análise de 40 *roadmaps* em 16 diferentes áreas, identificaram diferentes tipos de *roadmaps*. A Figura 13 apresenta os propósitos e formatos identificados:

Figura 13 - Caracterização de roadmaps: propósito e formatos.



Fonte: Phaal, Farrukh, Probert, 2004 (p. 11).

4.1.1.1 Quanto ao tipo/propósito

Os seguintes oito tipos de TRM foram identificados pelos autores:

- Planejamento de produto: tem o propósito de vincular o desenvolvimento de produtos com a tecnologia planejada, sendo o tipo de *roadmap* mais comum;
- Planejamento de serviços e capacidades: muito usado para empresas baseadas em serviços e identifica como a tecnologia apoia a organização;
- Planejamento estratégico: este visa avaliar diferentes oportunidades ou ameaças;
- Planejamento de longo prazo: são mais usados a nível setorial ou nacional para identificar inovações tecnológicas e de mercado a longo prazo;
- Planejamento dos ativos de conhecimento: permite que as organizações identifiquem ativos de conhecimento, relacionando habilidades, tecnologias e competências com as demandas futuras de mercado e objetivos de negócio;
- Planejamento do programa: tem o foco na implementação de uma estratégia para o desenvolvimento de um programa, assim como o de P&D;
- Planejamento do processo: foca em um determinado processo e objetiva dar suporte ao gerenciamento do mesmo;
- Planejamento de integração: tratam da integração ou evolução da tecnologia e sua relação com produtos ou sistemas.

Já Kostoff e Schaller (2001) identificaram 7 aplicações de *roadmaps*: ciência e pesquisa; interindustrial; indústria; tecnologia; produto; produto e tecnologia; projetos. A partir dessa variedade, os autores estabeleceram uma taxonomia para a classificação dos *roadmaps*, considerando sua aplicação e objetivo:

- Mapas ou todas de ciência e tecnologia;
- *Technology roadmaps* industriais;
- *Technology roadmap* corporativo ou de produto;
- *Roadmaps* de gerenciamento de produtos/portfólio.

Geum e Park (2012) exploram o estado da arte em relação ao desenvolvimento de *roadmaps* para o setor público, argumentando que estes são particularmente distintos dos *roadmaps* corporativos. Neste sentido, os autores chegam a quatro tipos principais de *technology roadmaps* para o setor público: baseado em ação, no caminho, na tecnologia e na visão.

Por outro lado, Rinne (2004) explora como *technology roadmaps* podem apoiar a inovação virtual e argumenta que *roadmaps* podem ser importantes motores da inovação, uma vez que estes permitem a convergência entre previsão e inovação, representam a coevolução de tecnologias e mercados e contribuem para a organização da tecnologia ao longo do tempo.

Alhquist, Valorvita e Loikkanen (2012) vão além e propõem o *Innovation Policy Roadmapping* (IPRM), um framework metodológico que conecta os resultados de P&D ao contexto sistêmico e de longo prazo do design de políticas. O IPRM se baseia em dois exercícios tradicionais: *technology roadmapping*, no que tange ao instrumento normativo de identificação de tecnologias e alinhamento destas ao planejamento de produtos e planos de ação, e o *roadmapping* estratégico, em que o processo de *roadmap* é dinâmico e iterativo.

4.1.1.2 Quanto aos formatos

Os oito tipos de formatos geográficos de *technology roadmap* identificados por Phaal, Farrukh e Probert (2004) são:

- Múltiplas camadas: compreende camadas, cada uma representando um indicador, e como estas podem ser exploradas, conectando suas interdependências e integração da tecnologia com produtos, serviços ou sistemas. É o formato mais encontrado nos trabalhos pesquisados;
- Barras: cada indicador é representado por uma barra, o qual é relacionado com cada saída necessária;
- Tabelas: muito usado em situações onde a performance pode ser qualificada, sendo que cada indicador é representado por uma tabela;
- Gráficos: é a representação em um único gráfico de um produto ou uma tecnologia quantificável;
- Representação pictórica: é a comunicação dos planos tecnológicos por meio de representações pictóricas;
- Fluxograma: é um tipo de representação pictórica usada para relacionar objetivos, ações e resultados;
- Única camada: foca em um indicador dos diversos apontados pelo *roadmap*;
- Texto: é a descrição textual do *roadmap*.

Uma dos formatos amplamente usado é a forma genérica proposta pela EIRMA, (1997 *apud* PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2001). Esta

corresponde a um gráfico ou tabela de múltiplas camadas, que compreendem tanto as perspectivas comerciais quanto as tecnológicas. Esse *roadmap* retrata a evolução e a inter-relação do mercado, produtos e tecnologias e como estes devem ser explorados ao longo do tempo.

O formato proposto por Groenveld (1997) é o gráfico de múltiplas camadas. De acordo com o autor, o *roadmap* é elaborado considerando o tipo de rota e a comunicação entre a estrutura e as práticas da organização. Por exemplo, o modelo da Philips, que estabeleceu pequenas rotas para cada grupo de mercado, a fim de definir as melhores aplicações e tecnologias para cada segmento.

4.1.2 Benefícios

Muitos artigos foram produzidos sobre os benefícios do TRM nos setores público e privado. Em geral, essas publicações apontam que o processo tem como principal benefício a melhora na tomada de decisão e no planejamento dos investimentos a serem feitos pela organização (LEE; KIM; PHAAL, 2012). Lee e Park (2004) apontam que, apesar do TRM ser uma ferramenta flexível, dificilmente pode-se ver suas vantagens se este não for customizado em relação às necessidades da pesquisa e/ou acomodar circunstâncias não usuais.

Os benefícios essenciais do *roadmap* para uma organização, de acordo com Groenveld (1997) são: o estabelecimento de uma estratégia que relaciona produto e tecnologia; a definição de uma abordagem inter-relacionada para um plano e visão de longo prazo para tecnologia e produto; estímulo para o conhecimento e melhora da comunicação; melhor vantagem competitiva, obtida através do melhoramento do *timing* de mercado e dinheiro; melhor qualidade na especificação do processo do produto.

Garcia e Bray (1997) apontam que tanto no nível corporativo quanto no industrial, o TRM traz três potenciais usos e benefícios: ajuda no desenvolvimento de uma relação das necessidades e quais tecnologias são necessárias para satisfazê-las; é um método que auxilia no desenvolvimento de previsão tecnológica nas áreas selecionadas; gera um quadro capaz de auxiliar no planejamento e coordenação dos desenvolvimentos tecnológicos. Além disso, a maior vantagem de usar esse método é pelo fato de ele prover o pesquisador com informações que o ajudarão a tomar melhores decisões de investimento.

O Quadro 4 apresenta as principais vantagens e limitações do TRM encontradas na literatura.

Identifica tecnologias críticas ou lacunas tecnológicas		x					x	x					
Identifica maneiras de alavancar os investimentos em P&D		x											
Identifica as tecnologias que devem ser desenvolvidas		x											x
Reconhece tecnologias competitivas para a organização			x										
Informa sobre as tendências de consumo e da economia mundial			x	x									
Pode ser usado como uma ferramenta de planejamento estratégico							x						
É uma ferramenta versátil, que pode ser aplicado a diferentes tipos de situações e escopo									x				
Relaciona ciência, tecnologia e aplicação										x			
Permite a discussão entre empresas e indústrias sobre interesses em comum													x
LIMITAÇÕES													
Difícil de atualização e manuseio							x						
Difícil de avaliar o valor para o negócio								x					
São normativos e não exploratórios										x			
Pouco objetivo							x						
Pode ser incerto e inexato													x

Fonte: autora (2015).

4.2 O PROCESSO DE TECHNOLOGY ROADMAPPING

Vários tipos de processos de TRM foram apresentados na literatura (LEE; PARK, 2005). Alguns dos autores que sintetizaram as etapas chave do processo foram Garcia e Bray (1997), Strauss, Radnor e Peterson (1998), *European Industrial Research Management Association - EIRMA* (1997 *apud* CAVIN, 2012), Groenveld (1997), Phaal, Farrukh e Probert (2004, 2007), Lee *et al.* (2007), Daim e Oliver (2008). Em seguida, dos itens 4.2.1 a 4.2.6 serão apresentados os processos propostos.

De acordo com Beeton (2007 *apud* LEE; KIM; PHAAL, 2012), os TRM, em geral, apresentam três fases comuns para sua construção. As principais são: planejamento, coleta e processamento de *insights* e, por último, implementação. Segundo o autor, a etapa de planejamento corresponde a definição do escopo, objetivo e processos do *roadmap*. A fase de coleta e processamento de *insights* envolve a pesquisa de e estruturação das informações relevantes para a área de estudo, respectivamente. A última fase é o contínuo monitoramento e atualização das informações coletadas.

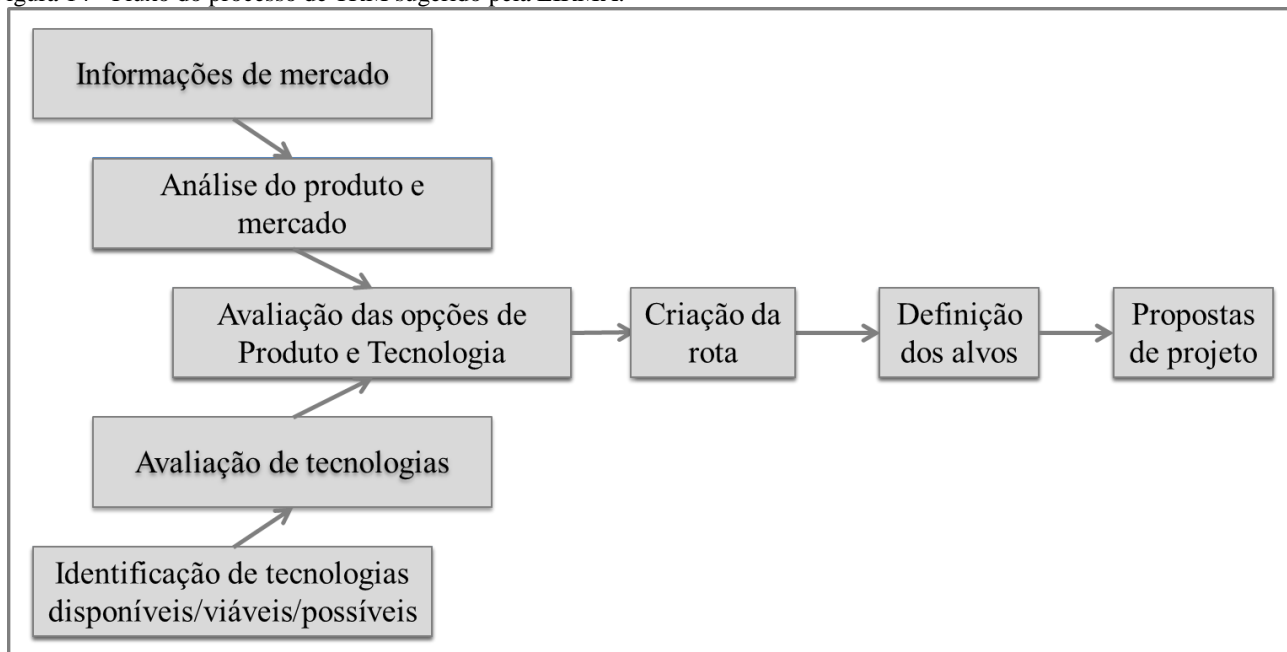
4.2.1 EIRMA (1997 *apud* CAVIN, 2012)

O processo de *roadmapping* proposto pela *European Industrial Research Management Association* (EIRMA) consiste em 8 passos, sendo que durante o processo, dependendo da necessidades, podem haver *loops* de *feedback* entre as etapas (CAVIN, 2012). A Associação sugere que, dependendo da empresa e da proposta de *roadmap*, as etapas 1 a 3 podem ser realizadas em apenas de um encontro a 5 dias por membro da equipe. As etapas 4 e 5, por sua vez, podem demandar de 5 dias por membro da equipe até alguns meses. A Figura 14 ilustra o fluxo do processo de *roadmapping* proposto pela EIRMA.

- Etapa 1 – Pré-projeto
 - Identificar as lacunas de conhecimento que serão consideradas no processo;
 - Definir o escopo do TRM;
 - Definir o nível geral e específico dos produtos e tecnologias;
 - Definir o responsável do projeto;
 - Definir a escala de tempo a ser considerada;
 - Definir as atividades da equipe responsável pelo TRM, bem como os recursos e prazos.

- Etapa 2 – Formando a equipe
 - Selecionar uma equipe multidisciplinar, ou seja, membros de diferentes setores da empresa.
- Etapa 3 – Plano preliminar para o projeto de TRM
 - Decidir se o TRM será elaborado como planejado anteriormente ou se necessidade de ajustes;
 - Discutir, entre outras questões: quais tecnologias são necessárias e em que ponto? Como os mercados irão evoluir durante o tempo? Como se dará a evolução dos produtos? Haverá mudanças nos estilos de vida, hábitos de consumo? Quais são as tendências tecnológicas? É necessário realizar uma análise SWOT (*strengths*, *weaknesses*, *opportunities* e *threats*, em inglês, ou forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, em português).
- Etapa IV – Processando as entradas
 - Coletar informações dos diferentes setores da empresa;
 - Identificar os indicadores chaves;
 - Localizar pontos críticos do *roadmap*.
- Etapa V – Documentação do trabalho
 - Selecionar os caminhos promissores, ou seja, aqueles que identificam como atingir os objetivos aqueles que constroem tecnologias para alcançar o objetivo definido.
- Etapa VI – Verificação, consultoria e planejamento da comunicação
 - Comunicar a alta administração e os demais setores da empresa como o TRM deve ser entendido, a fim de ter o apoio de todos para a implantação do *roadmap*.
- Etapa VII – Construção de um documento final (opcional)
 - Usar o TRM como entradas para projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D).
- Etapa VIII – Atualização
 - Manter e atualizar o *roadmap*, continuamente e com o envolvimento de todos os colaboradores da empresa.

Figura 14 - Fluxo do processo de TRM sugerido pela EIRMA.

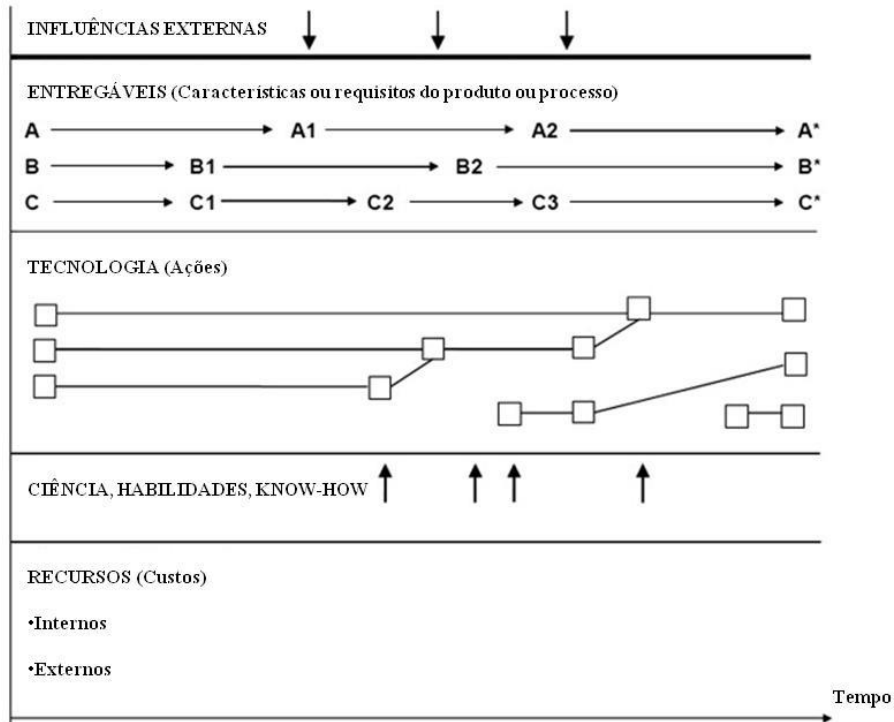


Fonte: EIRMA (1997 *apud* CAVIN, 2012, p. 34).

A EIRMA coloca que cada indústria é regida por diferentes processos e pode apresentar diferentes formas de desenvolver um TRM. Porém, os atributos essenciais desses processos são idênticos e, dessa forma, podem ser traduzido em um quadro padrão (LEE; KIM; PHAAL, 2012). Este quadro, apresentado na Figura 15, considera cinco aspectos:

- 1) Tempo: situações atuais e aspectos futuros;
- 2) Características desejáveis e esperadas do TRM, relacionadas às percepções de influências externas;
- 3) Classificação e inter-relação de tecnologias necessárias para um produto, que podem desencadear futuros programas de P&D;
- 4) Identificação da tecnologia, ciência e *know-how* necessários para desenvolver um futuro programa de P&D;
- 5) Identificação dos recursos financeiros, humanos, intelectuais e físicos.

Figura 15 - Fatores sugeridos para a construção do TRM.



Fonte: EIRMA (1997 *apud* CAVIN, 2012, p. 34).

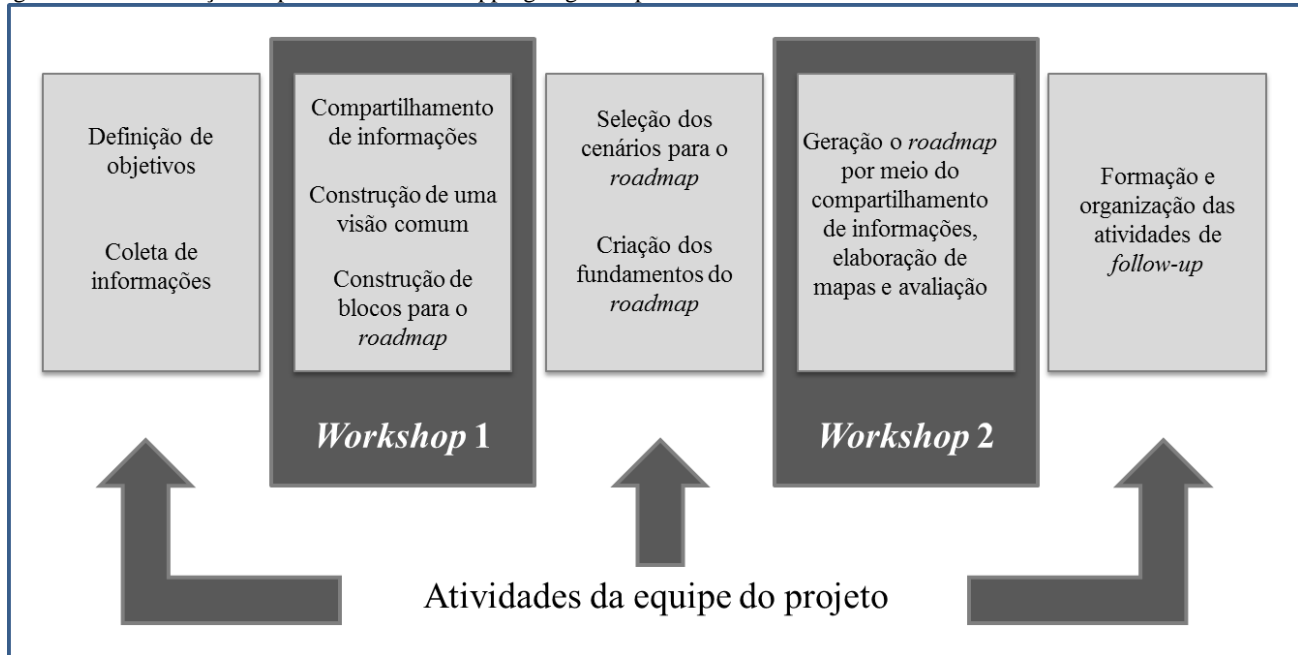
4.2.2 Groenveld (1997)

Groenveld (1997) traz uma abordagem empresarial, apontando que a construção do TRM varia de uma organização para outra, pois esse deve ser baseado nos diferentes mercados, culturas e tecnologias. O processo de *roadmapping* deve ser constante e pode ser iniciado pela formação de um time interdepartamental. Esse time deve responder perguntas do tipo onde se quer chegar com o *roadmap*, quais produtos necessitam de uma rota, como organizar o processo e como fazer o follow-up. O TRM deve se iniciar com a definição do grupo e de um líder, que serão os responsáveis pela elaboração e manutenção da rota. Neste ponto inicial, deve-se procurar responder as seguintes questões:

- O que se espera atingir?
- Para quais produtos é necessário um *roadmap*?
- Qual é o relacionamento entre os *roadmaps*?
- Como organizar o processo de *roadmapping*?
- Como assegurar os *follow-ups*?

Após a definição desses aspectos, podem-se promover workshops que envolvam a organização, a fim de coletar informações e entradas para o desenvolvimento do *roadmap*. A Figura 16 apresenta uma visão geral de como se pode estruturar o processo de *roadmapping*.

Figura 16 - Estruturação do processo de roadmapping sugerida por Groenveld.



Fonte: Adaptado Groenveld (1997).

4.2.3 Garcia e Bray (1997) e Strauss, Radnor e Peterson (1998)

Os autores propõem três fases para a construção de um TRM. A primeira corresponde às etapas preliminares, ou seja, os fatores que devem ser atendidos com a condição de continuação do TRM. É nesta etapa que ocorre a decisão do tema que será foco do *roadmapping* e em como este ajudará os tomadores de decisão a escolher os melhores investimentos. A segunda fase envolve 7 etapas, as quais podem ser seguidas tanto por empresas quanto por indústrias. A terceira fase corresponde às atividades de *follow-up*, onde o TRM deve ser criticado e validado. Nesta fase ainda ocorre a elaboração de um plano para implementação das decisões de investimento adequadas e a revisão e atualização das informações da rota.

- Fase 1 – Definição do contexto
 - Satisfazer as necessidades essenciais:
 - Deve haver uma necessidade percebida para o desenvolvimento de um TRM;
 - Os esforços devem vir com a participação de diferentes grupos, a fim de trazer diferentes perspectivas e horizontes para a rota;
 - No caso de uma empresa, deve-se considerar envolver todos os departamentos;
 - No caso de um TRM industrial, devem-se ter participantes de membros das indústrias, fornecedores, clientes, governo e academia;
 - Deve-se conduzir o TRM com o foco em necessidades e não soluções e devem-se especificar os limites e como os resultados serão usados.
 - Proporcionar liderança e patrocínio
 - As lideranças e patrocinadores devem ser parte do grupo que irá implementar os resultados do TRM. Dessa forma, em uma empresa, a rota deve ser conduzida pela organização de linha, e para a rota a nível industrial, a própria indústria.
 - Definir o escopo e as fronteiras do TRM
 - Deve definir um contexto e uma visão para o TRM, a fim de garantir que este poderá apoiar essa visão;

- Identifica-se por que o TRM é necessário e como este será usado;
- Há a definição do escopo e fronteiras da rota.
- Fase 2 – Desenvolvimento do TRM
 - Identificar o “produto” foco do *roadmap*
 - Identifica-se as necessidades que devem ser atendidas do produto, a fim de identificar em que nível e em quais elementos o *roadmap* deve focar;
 - Caso haja incertezas a respeito do produto, recomenda-se a utilização de cenários para identificar melhor as necessidades, serviços e produtos.
 - Identificar os requisitos do sistema e seus objetivos
 - Define-se um quadro geral do nível e dimensões tecnológicas do *roadmap*.
 - Especificar as áreas tecnológicas foco
 - Identifica-se as áreas tecnológicas principais, que irão auxiliar a alcançar os requisitos específicos do sistema.
 - Especificar os indicadores tecnológicos e suas metas
 - Nesta etapa, há a transformação dos requisitos críticos do sistema em indicadores tecnológicos para cada áreas determinada;
 - Estes indicadores irão determinar quais alternativas tecnológicas devem ser escolhidas e como estas serão capazes de lidar com os dados obtidos no *roadmap*.
 - Identificar alternativas tecnológicas cronologicamente
 - Devem-se especificar quais alternativas tecnológicas são capazes de satisfazer as metas iniciais do sistema em relação ao tempo;
 - Quando há mais de uma alternativa sendo considerada, deve-se estabelecer um ponto de decisão para escolher a vencedora.
 - Recomendar as alternativas tecnológicas que devem ser alcançadas
 - As alternativas tecnológicas variam em relação a tempo, custo e performance. Todos esses fatores devem avaliados, a fim de identificar o

- que deve ser priorizado no momento da implementação da alternativa;
 - Algumas tecnologias podem satisfazer as metas atuais, mas não as futuras e vice versa. Por isso, devem-se considerar tecnologias atuais e inexistentes;
 - Em alguns casos, pode ser interessante utilizar métodos analíticos e modelagem para determinar qual tecnologia deve ser implementada ou até considerar o julgamento dos *experts* da área.
- Escrever relatório
 - Deve-se identificar e descrever cada área tecnológica considerada, seus fatores críticos, áreas não compreendidas na rota e recomendações técnicas.
- Fase 3 – Atividades de *follow-up*
 - Criticar e validar o TRM
 - Deve-se revisar criticar e validar o documento, a fim de identificar se as metas definidas serão alcançadas e se as alternativas tecnológicas selecionadas estão adequadas.
 - Desenvolver um plano de implementação
 - Desenvolve-se um plano de implementação do TRM de acordo com as tecnologias recomendadas;
 - Nesta fase há informações suficientes para selecionar as tecnologias e tomar as decisões a respeito dos investimentos.
 - Revisar e atualizar
 - Deve-se revisar e atualizar constantemente o *roadmap*, à medida que novas tecnologias surgem e são mais bem entendidas.

4.2.4 Lee et al. (2007)

Lee *et al.* (2007) propõem um processo sistemático para a construção de um TRM focado em P&D, que objetiva selecionar áreas tecnológicas a serem desenvolvidas. O processo proposto consiste em seis etapas:

- Etapa 1 – Iniciação
 - Desenvolver as atividades preliminares do TRM: organizar o time, cronograma e modelos de relatórios;
- Etapa 2 – Seleção do assunto
 - Coletar as necessidades dos consumidores
 - Selecionar os itens a serem melhorados;
- Etapa 3 – Avaliação das necessidades tecnológicas
 - Identificar as necessidades tecnológicas para os itens selecionados
 - Decompor cada item em componentes para selecionar qual deve ser desenvolvido com os recursos disponíveis;
- Etapa 4 – Desenvolvimento do plano de desenvolvimento
 - Propor objetivos de desenvolvimento e estratégias para cada componente dos itens selecionados;
- Etapa 5 – Implementação do TRM
 - Finalizar o relatório do TRM
 - Realizar a implementação do TRM;
- Etapa 6 – Atividades de acompanhamento.

4.2.5 Daim e Oliver (2008)

A partir de uma revisão da literatura, Daim e Oliver (2008) propõem as seguintes etapas a serem desenvolvidas para a construção de um *roadmap*:

- Etapa 1 – Identificar as necessidades e *drivers*;
- Etapa 2 – Identificar os produtos e serviços que atendem as necessidades e os *drivers*;
- Etapa 3 – Identificar as tecnologias que apoiam os produtos e serviços;
- Etapa 4 – Estabelecer as relações entre as três etapas anteriores;
- Etapa 5 – Desenvolver planos para adquirir e desenvolver as tecnologias;
- Etapa 6 – Atribuir recursos para realizar os planos de aquisição e desenvolvimento.

4.2.6 Phaal, Farrukh e Probert (2001, 2004, 2007)

Phaal, Farrukh e Probert (2007) identificaram que havia uma ampla e crescente quantidade de abordagens para a aplicação do TRM, o

que causava muita confusão na sua aplicação. A fim de auxiliar organizações e indústrias a adaptar o processo ao seu contexto de negócio e deixar de “brigar” com o processo em si, os autores propõem inicialmente o T-Plan *fast-start* (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). Este foi criado com o intuito de apoiar o planejamento tecnológico nas empresas (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2001, 2004, 2007). Com a evolução da aplicação do T-Plan, houve a emergência do S-Plan. Segundo Phaál, Farrukh e Probert (2007), o S-Plan veio com o intuito de apoiar a identificação, avaliação e seleção de estratégias, inovações e oportunidades de negócio. Ambas abordagens foram baseadas em workshops interativos, que envolvem a participação de diferentes grupos de participantes na discussão e desenvolvimento de *roadmaps* (MOEHRLE; ISENMANN; PHAAL, 2013). Além disso,

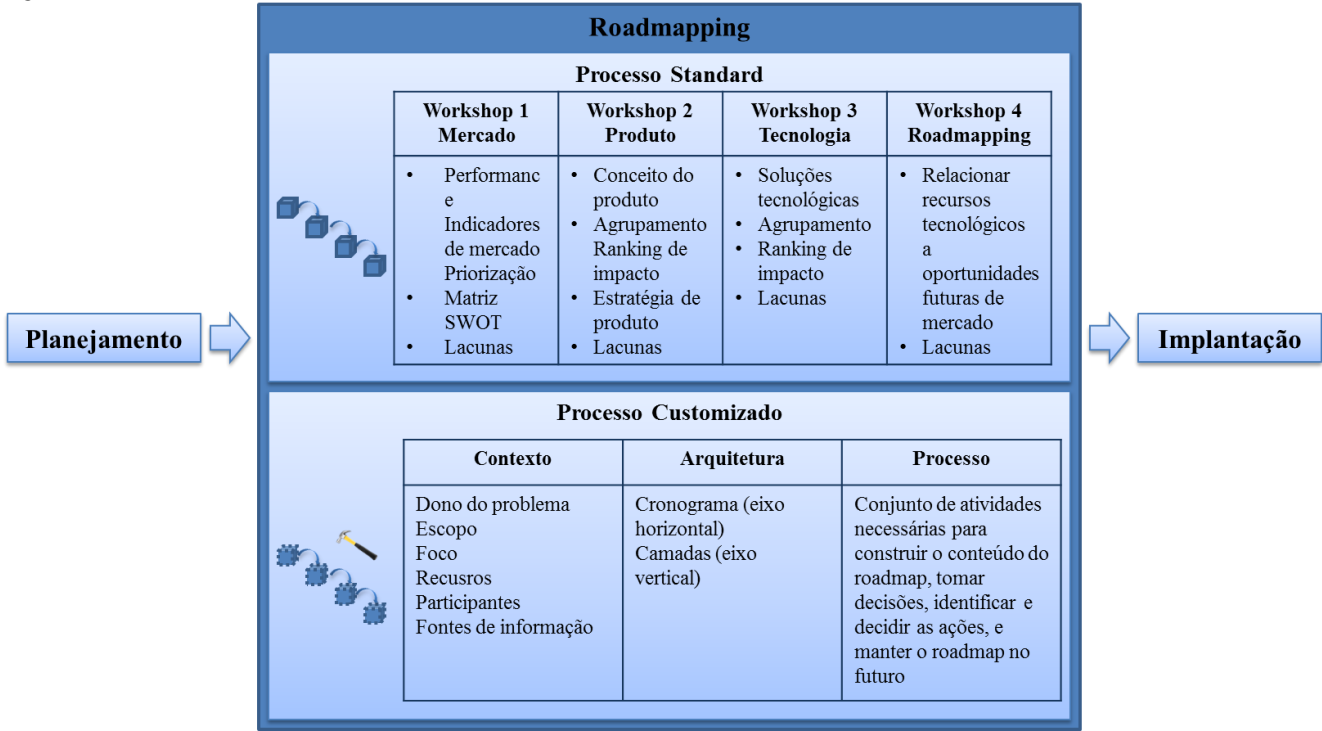
Moehrle, Isenmann e Phaál (2013) colocam que os métodos podem ser combinados ou aplicados de forma isolada. O S-Plan abrange um escopo mais abrangente, identificando perspectivas e selecionando tópicos-chaves, geralmente a nível organizacional ou setorial. O T-Plan, por sua vez, pode ser aplicado quando se trata principalmente sobre inovações de produtos, serviços ou processos, a fim de identificar formas de desenvolver mercado, produto, tecnologia, estratégias e planos. Dessa forma, o S-Plan pode ser usado como uma etapa inicial, com o objetivo de indicar quais produtos, processos ou serviços uma organização ou setor podem focar seus investimentos. Posteriormente, pode-se desenvolver um T-Plan para cada um desses itens, a fim de direcionar os esforços para a inovação.

O chamado T-Plan *fast-start* foi proposto a partir de uma pesquisa desenvolvida pelo *Cambridge University Centre for Technology Management* (CMT), em parceria com empresas de diferentes setores industriais (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). O T-Plan já foi aplicado em mais de 40 casos, tais como setorial, tecnológico, organizacional e estratégico (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). Segundo os autores, o T-Plan objetiva:

- Apoiar o início do processo de TRM;
- Estabelecer ligações entre recursos tecnológicos e indicadores do negócio;
- Identificar lacunas de mercado, produto e tecnologia;
- Desenvolver um esboço do TRM;
- Apoiar o planejamento e as estratégias tecnológicas de uma organização;
- Apoiar a comunicação entre as funções técnica e comercial.

O T-Plan foca no processo de *roadmapping* produto-tecnológico (MOEHRLE; ISENMANN; PHAAL, 2013) e compreende duas partes principais: a *standard* e a customizada (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). A abordagem *standard*, que visa apoiar o desenvolvimento de produtos, é composta por quatro workshops, como apresentado na Figura 17. Os três primeiros workshops focam nas três principais camadas do *roadmap*: mercado, produto ou serviço e tecnologia. O quarto workshop, por sua vez, reúne as discussões resultantes dos três primeiros para desenvolver um gráfico temporal.

Figura 17 - Processo standard e customizado do T-Plan.



Fonte: Adaptado Phaal; Farrukh; Probert (2004).

O T-Plan consiste de três etapas principais: planejamento, workshops e implantação (vide Figura 17). Enquanto a abordagem *standard* é baseada em quatro workshops, a abordagem customizada varia de acordo com o contexto. É na etapa de planejamento que se opta pela abordagem customizada ou *standard* (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). Ainda de acordo com os autores, todos os *roadmaps*, exceto o planejamento tecnológico de produto (abordagem *standard*), devem ser customizados.

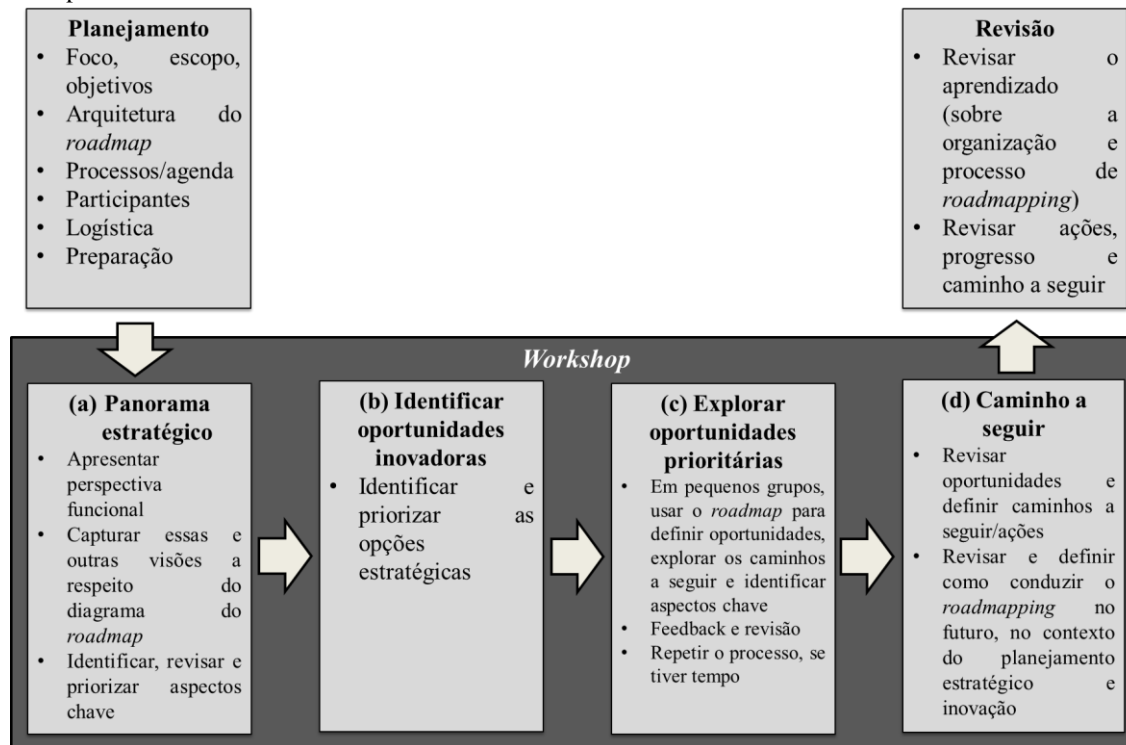
A abordagem customizada é um processo criativo, interativo, não linear e se baseia na discussão dos seguintes aspectos: contexto do *roadmap*, arquitetura e processo. Na etapa de contextualização ocorre a definição dos seguintes aspectos:

- Dono e responsável pelo problema;
- Escopo e fronteiras;
- Aspectos que serão foco do processo;
- Objetivos da organização ou setor desejam alcançar com o *roadmap*;
- Recursos, tais como pessoas, esforços e dinheiro;
- Participantes das áreas técnicas, acadêmicas, comerciais, entre outras, com conhecimento e expertise no assunto;
- Fontes de informação que funcionarão, posteriormente, como entradas para os workshops.

A Arquitetura do *roadmap* abrange a definição da perspectiva cronológica, ou seja, abrangência temporal (eixo horizontal), e das camadas (eixo vertical) e subcamadas. Por último, a definição do processo envolve a relação das atividades que serão desenvolvidas a fim de construir o conteúdo do *roadmap*.

Com a evolução da aplicação do T-Plan e customização do processo, houve a emergência do S-Plan (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2007). Segundo os autores, este foi desenvolvido como um processo de avaliação e identificação de oportunidades estratégicas, de negócios e de inovação. O processo de construção do S-Plan é dividido em 6 etapas, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Etapas do S-Plan.



Fonte: Phaai; Farrukh; Probert (2007, p.7, tradução nossa).

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo procurou abordar as principais definições, formatos e processos de *Technology roadmapping*. O TRM nasceu dentro das organizações como uma forma de desenvolver alternativas tecnológicas tendo em vista o futuro. Após sua difusão, este passou a ter escopos mais abrangentes, sendo desenvolvidos para o nível nacional, setorial e industrial.

Há diferentes propósitos e formatos de TRM. Entre seus principais propósitos, encontra-se o desenvolvimento de um planejamento estratégico, planejamento de produto, planejamento de longo prazo, entre outros. O formato mais comum do *roadmap* é um gráfico, podendo também ser apresentado em forma de texto, fluxo, etc.

A maioria dos TRMs envolve o desenvolvimento de workshops. Estes devem ser realizados com o propósito de definir uma visão de futuro, coletar dados de especialistas e *stakeholders*, para que seja constituída a rota final.

Existem diferentes propostas para o desenvolvimento do processo de *roadmapping*. Esta dissertação utilizará o modelo proposto por Phaal, Farrukh e Probert, denominada *fast-start*, uma vez que este permite o melhor entendimento da arquitetura do *roadmap* e se adequa a diferentes níveis de análise. Esse modelo possui duas variações: T-Plan e o S-Plan. O primeiro possui a dimensão empresarial enquanto o segundo abrange um escopo maior, podendo ser o nível nacional, regional, etc. Como a análise dessa dissertação se dá no nível setorial, será utilizado o S-Plan, uma vez que ele permite a análise mais abrangente das indústrias e não foca em um produto específico, como é o caso do T-Plan.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados nesta dissertação. O procedimento visa promover a integração da análise do sistema de inovação à prática de *foresight*, operacionalizando-a por meio de um *technology roadmapping*. Neste sentido, a subseção 5.1 traz uma síntese do método proposto e a subseção 5.2 detalha como foi feita a aplicação do método.

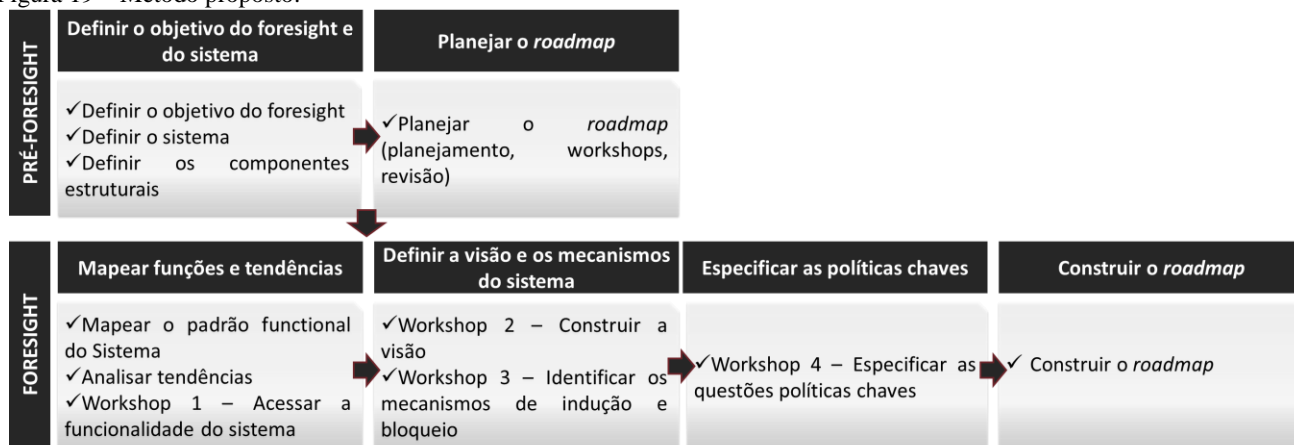
5.1 CONSTRUÇÃO DO MÉTODO

O método proposto foi construído a partir da integração de três abordagens. Primeiramente, a contribuição de Andersen e Andersen (2014) para o design de um ISF. Os autores propõem fases genéricas de um *Innovation System Foresight* utilizando sistemas de inovação como base teórica para a tomada de decisão sobre os aspectos que, na teoria de *foresight*, são considerados sem fundamento teórico, tais como: objetivo do *foresight*, delimitação do sistema, seleção dos participantes e sobre um critério para entender e analisar o presente.

Em segundo lugar, utilizou-se o esquema de análise proposto por Bergek *et al.* (2008) para a análise das funções e identificação das políticas chave do sistema de inovação. Andersen e Andersen (2014) já haviam sugerido a utilização do conceito de funções para a identificação das fraquezas e da dinâmica do sistema que ditariam o processo de *foresight*.

Por fim, utilizou-se o processo S-Plan *fast-start* (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2007) customizado como fator integrador entre funções do sistema de inovação e o processo de *foresight*. As funções do sistema de inovação, neste caso, foram utilizadas como *drivers* que ditaram o processo de tomada de decisão normativo de um ponto de vista de políticas. O método proposto encontra-se descrito na Figura 19. Em seguida, há a descrição de cada etapa do método proposto.

Figura 19 – Método proposto.



Fonte: adaptado e modificado de Andersen e Andersen (2014).

5.1.1 Definir o objetivo do foresight e do sistema

A definição do objetivo do foresight e do sistema envolve três aspectos principais: (i) definição do objetivo do *foresight*; (ii) definição do sistema; e (iii) definição dos componentes estruturais do sistema. A definição do objetivo do *foresight* deve considerar o fortalecimento ou transformação do sistema de inovação, com o intuito maior de gerar crescimento econômico, competitividade e o desenvolvimento do bem-estar social (ANDERSEN; ANDERSEN, 2014).

Para a definição do sistema, não há um método na literatura que dite como deve ser feito o recorte do sistema. Portanto, três fatores devem ser considerados (BERGEK *et al.*, 2008):

- A definição do foco entre produto ou campo de conhecimento;
- A delimitação espacial, setorial ou de acordo com a tecnologia que será analisada;
- E o nível de amplitude e profundidade.

5.1.2 Planejar o roadmap

O planejamento do *roadmap* deve ser customizado para compreender o sistema em análise, como sugerido por Phaal *et al.* (2004). A Figura 20 apresenta as etapas de customização do S-Plan *fast-start*. Na etapa de planejamento, deve-se considerar o objetivo do foresight e do sistema. Além disso, deve-se definir a arquitetura do *roadmap*, conforme os tipos e propósitos (vide subseção 4.1.1), sendo os *drivers*, as funções do sistema de inovação.

Na etapa dos *workshops*, planeja-se a facilitação dos mesmo, bem como as atividades que serão executadas. Este planejamento deve contar com facilitadores experientes e utilizar técnicas como discussões, apresentação de dados, entre outras (PHAAL, FARRUKH; PROBERT, 2007). Por fim, a etapa de revisão compreende a montagem do *roadmap*.

Figura 20 - Etapas do S-Plan fast-start customizado.

S-Plan Customizado		
Planejamento	Workshops	Revisão
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir o foco, escopo e objetivo ✓ Definir a arquitetura do <i>roadmap</i> ✓ Definir o processo ✓ Definir os participantes ✓ Definir a logística ✓ Preparar 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar os Workshops <ul style="list-style-type: none"> • Workshop 1 – Acessar as funções do sistema • Workshop 2 – Construir a visão • Workshop 3 – Definir os mecanismos de bloqueio e indução • Workshop 4 – Definir as questões políticas chave 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Construir o <i>roadmap</i>

Fonte: adaptado Phaal, Farrukh, Probert (2004).

5.1.3 Mapear funções e tendências

O mapeamento das funções e tendências envolve o mapeamento do padrão funcional do sistema, a análise de tendências e a realização do *workshop* 1. O mapeamento do padrão funcional do sistema e das tendências deve contar com uma pesquisa prévia com especialistas e com a pesquisa documental, a fim de identificar a funcionalidade do sistema, no que tange a seus aspectos atuais e as principais tendências. Sugere-se que para o mapeamento da funcionalidade e identificação de tendências, sejam utilizadas as funções propostas por Hekkert *et al.* (2007), por já serem funções reconhecidas pela literatura. Os indicadores para o mapeamento são aqueles proposto pelos autores (vide subseção 2.3.1 a 2.3.7).

A partir dos dados coletadas pelas duas etapas anteriores, o *workshop* 1 deve apresentar o diagnóstico da situação atual do sistema. A partir disso, é possível acessar então a funcionalidade do sistema, ou seja, definir a fase de desenvolvimento do mesmo e, se possível, realizar a comparação com sistemas de inovação similares (BERGEK *et al.*, 2008).

5.1.4 Definir a visão e os mecanismos do sistema

Esta etapa compreende a realização dos *workshops* 2 e 3. O primeiro deve compreender a apresentação das principais tendências levantas, a fim de gerar uma discussão entre os participantes e definir a visão de futuro do sistema. O segundo deve mapear os mecanismos de bloqueio e indução do sistema, ou seja, os aspectos que influenciam a natureza dinâmica do mesmo (BERGEK *et al.*, 2008).

5.1.5 Especificar as políticas chaves

Definida a visão e tendo mapeados os principais mecanismos que influenciam o sistema, o *workshop* 4 deve especificar as questões políticas chaves, para cada função do sistema de inovação. Assim, estas devem estar focadas em reduzir as forças dos mecanismos e bloqueio e fortalecer os mecanismos de indução do sistema (BERGEK *et al.*, 2008).

5.1.6 Construir o roadmap

A construção do *roadmap* é decorrente dos aspectos políticos chaves. Dessa forma, estes aspectos devem compor estratégias de longo

prazo, considerando as funções do sistema de inovação como *drivers*, organizadas conforme a arquitetura definida na etapa de planejamento.

5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

5.2.1 O Projeto Rotas Estratégicas Setoriais da FIESC

Como mencionado, o desenvolvimento do ISF para as indústrias automotiva, aeronáutica e ferroviário é decorrente de uma demanda prática da FIESC para o desenvolvimento do projeto Rotas Estratégicas Setoriais para as Indústrias Emergentes de Santa Catarina. A partir de um estudo preliminar, a Federação identificou que essas três indústrias eram pouco representativas no estado (FIESC, 2013b) e necessitavam de um planejamento que sinalizasse seu caminho futuro.

Para o desenvolvimento do projeto, foi formada uma equipe de sete pesquisadores da Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Estes foram os responsáveis pela coleta de dados a respeito da indústria, assim como a realização de entrevistas com especialistas e pela pesquisa documental, que serviram de base para o desenvolvimento dos *workshops*. A execução das etapas ocorreu em 2014, entre os meses de março e julho. As seções a seguir detalharão as etapas desenvolvidas e que foram base para esta dissertação.

5.2.2 Instrumentos de pesquisa e coleta de dados

Esta pesquisa pode ser classificada como sendo predominantemente de cunho qualitativo. As fontes e instrumentos de coleta de dados para o desenvolvimento do ISF das indústrias emergentes foram:

- Classificação das atividades econômicas (CNAE) do IBGE;
- Entrevistas com especialistas;
- Pesquisa documental em relatórios setoriais;
- *Workshops* com diferentes componentes do sistema

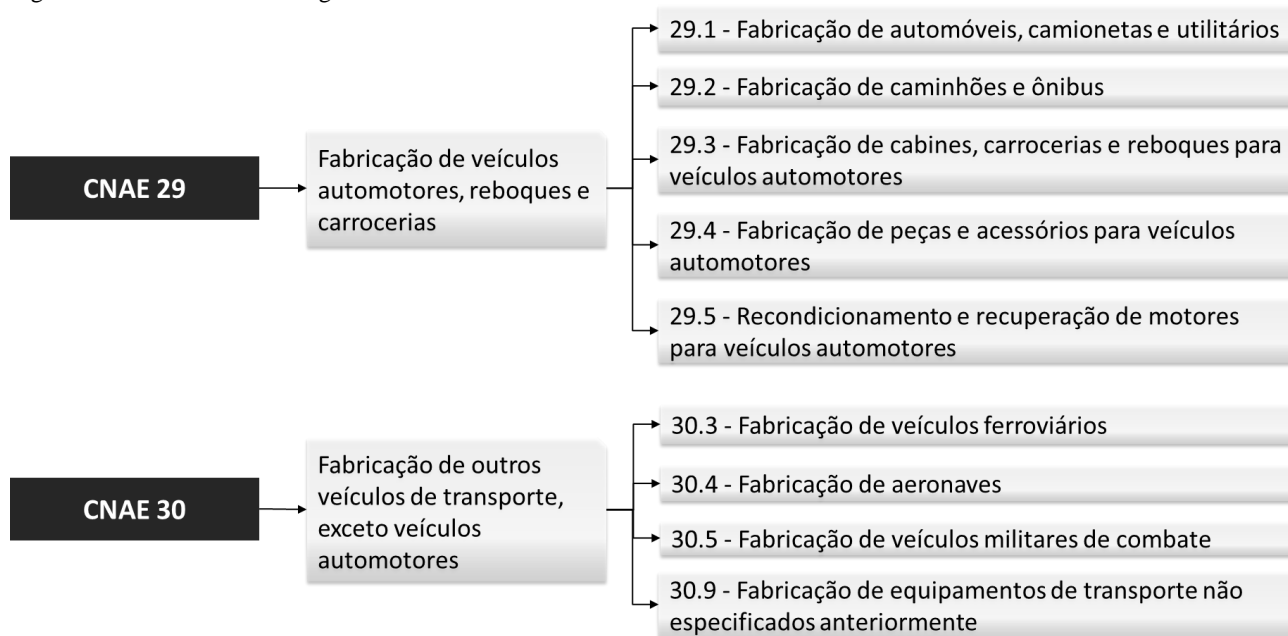
A seguir serão detalhados as fontes e instrumentos de coleta dos dados da pesquisa.

5.2.2.1 Classificação das atividades econômicas

A fim de delimitar as indústrias emergentes, foi utilizado o CNAE, que corresponde a um instrumento de padronização brasileira de códigos de atividades econômicas, aplicada a todos os agentes econômicos engajados na produção de bens e serviços (IBGE, 2015).

Os CNAEs auxiliaram na identificação dos atores chave do sistema, para a realização de entrevistas e *workshops*, que serão detalhados em seguida. As indústrias automotiva, aeronáutica e ferroviária estão enquadradas nas subseções dos CNAE 29 e 30, como descrito na Figura 21.

Figura 21 - CNAEs 29 e 30 englobados no ISF.



Fonte: adaptado IBGE (2015).

5.2.2.2 Entrevistas com especialistas

Foram realizadas o total de 14 entrevistas, decorrentes de uma lista inicial de mais de 140 empresas, repassadas pela FIESC, dos setores automotivo, aeronáutico e ferroviário. Esta lista foi priorizada de acordo com dois critérios: o CNAE deveria pertencer aos CNAEs 29 ou 30, como elencados na seção acima, e a empresa deveria ser representativa no setor. Esta delimitação resultou em uma lista final de 49 empresas.

O objetivo das entrevistas foi analisar a visão de empresários e gerentes, de grandes empresas, a respeito dos três setores emergentes em Santa Catarina, em relação às funções do sistema de inovação. O roteiro de entrevista pode ser visualizado no Apêndice B. Para a validação desse roteiro, foram realizados testes piloto com 3 especialistas. Após a validação do roteiro, a equipe realizou viagens, em duplas, durante 3 meses, para realizar as demais entrevistas.

Devido a fatores limitadores, como tempo, distância entre as empresas, falta de interesse de alguns empresários em participar da pesquisa, não foi realizada uma seleção estatística. Dessa forma, das 49 empresas convidadas, foi possível realizar 14 entrevistas. Dentre as organizações participantes, 8 eram de grande porte, 3 eram de médio porte e 3 eram agências/câmaras setoriais, como ANAC, ABIFER e a Câmara de Desenvolvimento da Indústria Automotiva. Entre os participantes, tiveram 18 especialistas de nível estratégico, sendo 4 presidentes, 1 vice-presidente, 4 diretores, 7 gerentes e 2 engenheiros. Em termos de setor industrial, considerando que umas forneciam produtos e soluções para mais de um setor emergente, 9 organizações eram do setor automotivo, 3 eram do setor aeronáutico e 4 atuavam no setor ferroviário. A baixa representatividade das indústrias aeronáutica e ferroviária explica-se por haver poucas indústrias no setor, o que condiz com a atual situação emergentes que estas se encontram. Além disso, há uma concentração de fornecedores de terceiro nível da indústria automotiva na mesorregião norte do estado, o que facilitou a realização com empresas do setor automotivo.

Foram feitas anotações em papel e em meio eletrônico das entrevistas realizadas, sendo que ambas armazenadas em meio eletrônico. De posse da relação de entrevistas, foram identificadas palavras-chave e frases que apontassem atores, redes e instituições dos sistemas em análise.

5.2.2.3 Pesquisa documental

A pesquisa documental foi conduzida em relatórios setoriais, como do BNDES, ABDI, ANFAVEA, ANAC e ABIFER, ANTT, ANTF e ANPTrilhos. A pesquisa documental foi utilizada para complementar os dados coletadas nas entrevistas com os especialistas, a fim de auxiliar na identificação do padrão funcional dos sistemas atualmente. Além disso, esses relatórios foram utilizados também para a identificação de tendências, que foram elencadas nos *workshops*, tendo em vista a discussão do futuro das indústrias emergentes. A lista das tendências pode ser visualizada no Apêndice C desta dissertação. A coleta de dados documental foi desenvolvido pela equipe paralelamente às entrevistas.

5.2.2.4 Workshops

A realização dos *workshops* contou com o apoio da FIESC, responsável pela estruturação do mesmo. O convite dos especialistas foi enviado pela própria FIESC, com três semanas de antecedência. Foram realizados então o total de 4 *workshops*, que contou com a participação de mais de 80 especialistas. Os *workshops* ocorreram na cidade de Joinville, nos dias 21 e 22 de julho de 2014. O Apêndice D traz as técnicas de facilitação utilizadas para a coleta dos dados e o período de realização de cada *workshop*.

5.2.2.4.1 *Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema*

O *workshop 1* avaliou a funcionalidade dos sistemas quanto à sua fase de desenvolvimento, ou seja, avaliaram-se as principais evidências de que as indústrias emergentes estão na fase de formação. Não foi realizada a comparação das indústrias em análise com outros sistemas de inovação similares, devido à dificuldade em se conseguir dados específicos de cada um dos setores para fazer uma comparação, principalmente por estas serem emergentes e não ter uma participação significativa nos resultados industriais de Santa Catarina.

5.2.2.4.2 *Workshop 2 – Construir a visão*

O *workshop 2* discutiu as tendências mapeadas para as três indústrias e elaborou a visão de futuro das indústrias automotiva, ferroviária e aeronáutica. Os participantes anotaram frases que definiam a visão de futuro de cada indústria. As frases elaboradas foram tabuladas,

analisadas e traduzidas pelos facilitadores dos *workshops* em uma única visão de futuro para cada setor.

5.2.2.4.3 *Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio*

Após a definição da visão de futuro do sistema, no *workshop 3* os participantes indicaram os mecanismos que bloqueiam e induzem o sistema. Estas frases foram tabuladas, a fim de identificar palavras-chave e frases similares. Estas então foram analisadas, resultando, para cada indústria em questão, em uma lista de fatores que bloqueiam e induzem o sistema.

5.2.2.4.4 *Workshop 4 – Especificar as questões políticas chaves*

Nesta etapa, definiram-se os aspectos políticos chave, conforme a visão de futuro traçada para cada sistema. Os participantes elaboraram estratégias de curto, médio e longo prazos que fortalecessem os mecanismos indutores do sistema e enfraquecessem os mecanismos de bloqueio identificados, em relação às 7 funções do sistema de inovação, a fim de gerar o *roadmap*. As estratégias elencadas foram tabuladas, a fim de identificar frases e palavras-chave e indicar as questões políticas chave. O processo de tabulação e construção do *roadmap* foi realizado em dois meses.

5.2.3 Definir o objetivo do foresight e do sistema

Nesta etapa definiram-se (i) os objetivos dos exercícios de *foresight* para cada uma das indústrias, de acordo com as demandas da FIESC; (ii) os sistemas analisados, com base nas subseções dos CNAE 29 e CNAE 30; e (iii) os componentes estruturais dos sistemas de inovação emergentes de Santa Catarina, que ainda não estão totalmente estruturados e claros. As entrevistas e a busca documental em relatórios setoriais auxiliaram na identificação de alguns dos atores, redes e instituições de cada sistema.

5.2.4 Planejar o roadmap

O planejamento do *roadmap* se deu como descrito a seguir:

- A. Planejamento
 - a) Definir o foco, escopo e objetivo

O objetivo do roadmap foi definido com base no objetivo geral do *foresight*.

b) Definir a arquitetura

A arquitetura do *roadmap* corresponderia a um planejamento de longo prazo de formato multicamadas. A camada vertical corresponderia ao período do *foresight* (2022) e as camadas horizontais seriam representadas pelas funções do sistema de inovação. Estas iriam ser utilizadas como *drivers* do *roadmap* a fim de identificar as oportunidades-chaves, sob a ótica do sistema de inovação, que poderiam alavancar as três indústrias emergentes no estado.

c) Definir o processo

O *roadmap* seria construído a partir de 4 *workshops*, que seriam conduzidos por diferentes facilitadores especializados em *roadmapping* e ocorreriam em um evento de dois dias.

d) Definir os participantes

A definição dos participantes envolve listar *stakeholders* e especialistas que participariam das entrevistas preliminares, *workshops* e discussões.

e) Definir a logística e preparar

Na definição da logística e preparação foram definidos os locais de realização dos *workshops*, bem como o envio dos convites aos *stakeholders* que participariam dos mesmos.

B. Workshops

O planejamento dos *workshops* está descrito no Apêndice D, conforme mencionado na subseção 5.2.2.4.

C. Revisão

a) Construir o *roadmap*

A etapa de revisão do *roadmap* corresponderia à construção dos *roadmaps* para cada uma das indústrias emergentes.

5.2.5 Mapear as funções e as tendências

O mapeamento do padrão funcional de cada um dos setores analisados foi realizado a partir da análise qualitativa dos dados resultantes das entrevistas e da pesquisa documental. Assim, foram identificadas palavras-chave e frases que apontassem aos fatos correntes da indústrias, que indicariam a funcionalidade do sistema atualmente. Estas palavras-chave e frases foram tabuladas para gerar a análise da funcionalidade. Esta, por sua vez, foi apresentada aos especialistas, como ponto de reflexão e avaliação, no *workshop* 1.

5.2.6 Definir a visão e os mecanismos do sistema

A definição da visão e dos mecanismos do sistema foram resultantes dos *workshops* 2 e 3. A condução desses *workshops* estão descritas na subseção 5.2.2.4.2 e 5.2.2.4.3.

5.2.7 Especificar as políticas chaves

A priorização das políticas chaves foi resultante da visão de futuro traçada para o sistema e dos fatores indutores e de bloqueio, discutidos nos *workshops* 2 e 3. A definição das políticas foram realizadas no *workshop* 4, conforme descrito na seção 5.2.2.4.4.

5.2.8 Construir o roadmap

Também resultante da tabulação dos dados do *workshop* 4, o *roadmap* foi construído através da análise das palavras-chave e frases que apresentavam as estratégias que deveriam ser desenvolvidas para cada aspecto funcional atual das indústrias emergentes, orientadas a partir das questões políticas chave definidas.

6 ISF DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Este capítulo apresenta os resultados da condução dos procedimentos metodológicos proposto para o caso da indústria automotiva. Assim, são apresentados os principais aspectos que influenciam a funcionalidade do sistema setorial automotivo e os fatores políticos que podem alavancar seu desenvolvimento no longo prazo.

Particularmente, a subseção 6.1 faz uma breve contextualização da indústria. Em seguida, dos itens 6.2 a 6.7, apresenta-se uma descrição dos resultados do passo a passo da aplicação do método. Por fim, na subseção 6.8 são feitas as considerações finais do capítulo.

6.1 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR

A indústria automotiva apresenta além da sua importância econômica, a importância tecnológica. Como colocado por Humphrey e Memedovic (2003), a indústria automotiva é a mais global das indústrias, sendo caracterizada como uma indústria de capital intensivo com integração vertical e economia de escala (SCHULZE; MACDUFFIE; TAUBE, 2015). Esta indústria tem sido responsável pelo desenvolvimento de inovações tecnológicas e de gestão, sendo a originária das principais mudanças dos processos produtivos industriais, tais como, por exemplo, a produção em linha de Henry Ford, no século XX e o modelo Just in Time proposto pela Toyota na segunda metade do século XX (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008; BARROS; CASTRO; VAZ, 2014).

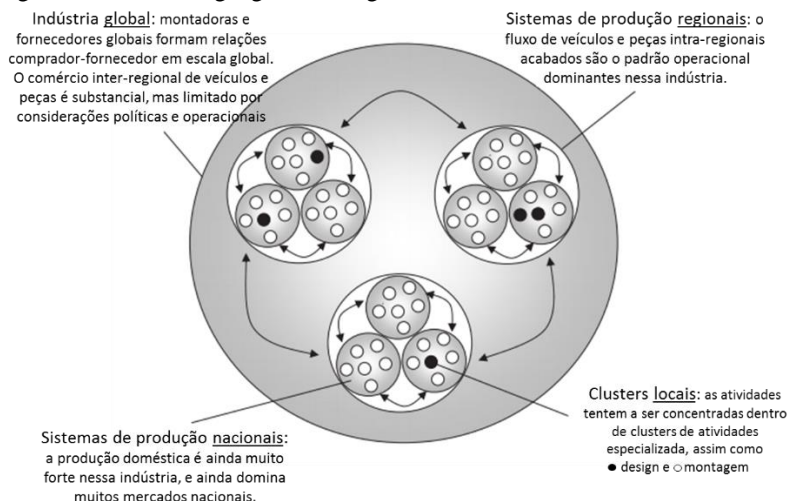
A indústria automotiva vem passando por uma transição desde a metade da década de 80, em que as indústrias nacionais vem se adaptando a um mercado global integrado (STURGEON; BIESEBROECK; GEREFFI, 2008). De acordo com os autores, esta integração ocorreu principalmente na relação comprador-fornecedor, especialmente entre montadoras e seus fornecedores. No início do século XXI, a indústria automotiva, que já havia atingido um grau de maturidade e estrutura elevada, passou a ser pressionada pela globalização, regulações governamentais - relativas ao consumo de energia, emissões e segurança - e avanços tecnológicos nas áreas de eletrônica, comunicação e design (SCHULZE; MACDUFFIE; TAUBE, 2015).

O setor automotivo mundial é caracterizado por ser oligopolizado, com elevadas barreiras à entrada, e está em processo constante de consolidação, com a ocorrência frequente de incorporações, fusões, *joint*

ventures e parcerias comerciais (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008). Globalmente, a indústria automotiva é ainda concentrada em um pequeno número de empresas (HUMPHREY; MEMEDOVIC, 2003). De acordo com dados publicados pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2011), 95% da produção mundial do setor é concentrado em 20 corporações.

Dentro dos países, a produção de partes e componentes automotivos tende a formar clusters em uma ou mais regiões industriais, geralmente próxima a uma montadora de veículos. Isto ocorre pois as cadeias de produção local, nacional e regional da indústria automotiva fazem parte de uma geografia econômica e estrutura organizacional global complexas, influenciadas fortemente pelas relações empresariais das grandes companhias (STURGEON; BIESEBROECK; GEREFFI, 2008). A Figura 22 apresenta a rede geográfica e a estrutura organizacional da indústria automotiva, considerando a indústria global, clusters locais e os sistemas de produção regionais e nacionais.

Figura 22 - Estrutura geográfica e organizacional da indústria automotiva.



Fonte: Sturgeon, Biesenbroeck e Gereffi (2008, p. 304, tradução nossa).

Na economia mundial, a indústria automotiva movimenta mais de US\$ 2,5 trilhões por ano e corresponde, no geral, a cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) dos países desenvolvidos (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008). Segundo dados do anuário da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2014),

em 2008, a China ultrapassou os Estados Unidos na produção de auto veículos. Nesse período, a China produziu 9.299 mil unidades, contra 8.695 mil unidades do país norte americano. Em 2012, a China produziu 19.272 mil unidades, os Estados Unidos ficaram em segundo lugar, com 10.329 mil unidades. Em seguida, tem-se o Japão, Alemanha e Coreia do Sul, com 9.943, 5.649 e 4.558 mil unidades, respectivamente. O Brasil ficou em 7º lugar, com o total de 3.403 mil unidades.

De acordo com os dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o setor automotivo brasileiro representou aproximadamente 23% do PIB industrial e 5% do PIB total em 2014 (MDIC, 2015). Em 2006, o setor automobilístico brasileiro contava com 24 montadoras e mais de 500 empresas de autopeças, com capacidade instalada para a produção de 3,5 milhões de veículos por ano (ANFAVEA, 2006). Já em 2008, o número de montadoras já havia saltado para 27 e possuía 49 plantas industriais entre fabricantes de auto veículos, máquinas agrícolas automotrizes, motores e componentes. No ranking mundial, em 2014, o Brasil se apresentou como o 8º maior produtor de veículos, atrás da China, Estados Unidos, Japão, Alemanha, Coreia do Sul, Índia e México, e como o 4º mercado interno de veículos, atrás apenas da China, EUA e Japão (MDIC, 2015).

Em relação a indústria de transformação, o valor adicionado (VA) do setor automotivo no Brasil correspondeu a R\$ 45.942,00 milhões em 2013, representando 9,5% da participação do VA do setor nas indústrias de transformação (FIESP, 2014). Além disso, o mesmo setor apresentou 532.364 empregos formais e 6.386 estabelecimentos, representando 6,7% e 1,8%, respectivamente, do total da indústria de transformação do país em 2013. Dessa forma, o setor automotivo apresentou a terceira maior participação no VA da indústria de transformação brasileira, do total de 24 setores.

De acordo com a ANFAVEA (2015), o Brasil importou o total de 30.876,4 milhões de dólares em 2014 e exportou 18.452,3 milhões. O setor de autopeças foi o que mais importou e exportou, representando 60,5% e 49,7% do total de importações e exportações no período, respectivamente. O principal destino das exportações brasileiras em 2014 foi a Argentina, representando 47,8%, seguida pelos Estados Unidos (11,5%) e União Europeia (10,2%). Já das importações, a maior parte é proveniente da União Europeia (26,9%), seguida pela Argentina (23,7%) e Estados Unidos (10,0%).

O estado brasileiro que mais se destaca no setor automotivo é São Paulo. De acordo com a ANFAVEA (2015), o estado foi responsável por 45,3% do total de 3.172.750 da produção de autoveículos do país em

2014, seguido por Minas Gerais (22,0%) e Paraná (11,6%). Em relação a produção de máquinas agrícolas e rodoviárias, o estado que se destaca é o Rio Grande do Sul, representando 45,9% do total de 82.318 em 2014. Em segundo lugar, destaca-se São Paulo (24,6%) e, em terceiro, o Paraná (26,2%).

Barros, Castro e Vaz (2014) elencam os principais pontos fracos e fortes da indústria automotiva brasileira. Entre os pontos fortes, podem-se citar:

- Amplo mercado consumidor, que foi fortalecido pelo crescimento das classes C, D e E;
- Base industrial de fornecedores diversificada;
- Incentivos fiscais e linhas de crédito oficiais destinados a diferentes projetos de investimento.

Entre os pontos fracos, podem-se citar:

- Baixa produtividade de mão de obra;
- Quantidade insuficiente de engenheiros no mercado;
- Alta carga tributária;
- Problemas logísticos;
- Dificuldade de ampliação das exportações a mercados vizinhos;
- Concorrência acirrada, principalmente na produção de autopeças.

Em Santa Catarina, a indústria que corresponde ao CNAE 29 repassou, em 2010, apenas 1,4% do Valor Adicionado Fiscal (VAF) total do estado (FIESC, 2013b). Além disso, em 2011, a indústria empregava 14.393 pessoas, ou seja, 1,7% e contava com 374 empresas (ou 0,7%) do total de empregos e estabelecimentos de todas as indústrias do CNAE 2.0 do estado. O estado se destaca nas exportações de autopeças, que foi de US\$ 639 milhões em 2013, correspondente ao 5º exportador do país nesse quesito (FIESC, 2014a).

Ainda de acordo com os dados da FIESC (2014b) no estado, o setor conta com o total de 108.489 quilômetros rodoviários de extensão. Isso corresponde ao 6º lugar em extensão rodoviária do país. A frota de veículos do estado foi calculada em mais de 4 milhões de veículos (CNT, 2014).

Em termos de produtividade por trabalhador, a produtividade da indústria catarinense em 2011 foi de 78 mil reais, enquanto a média nacional ficou em 170 mil reais, segundo dados do IBGE (FIESC, 2014a). A menor produtividade catarinense comparada à nacional é explicada pela ausência de empresas de grande porte, por exemplo as montadoras de veículos (FIESC, 2014b). No caso da fabricação de equipamentos e

autopeças, os dados ainda não captam as operações da GM em Joinville (fabricante de motores) (FIESC, 2014b).

Quanto ao grau de industrialização, SC apresenta adensamento industrial apenas em relação a fabricação de peças e acessórios para veículos, sendo que, em 2011, a relação VTI/VBPI do estado era de 50%, contra 39% a nível nacional para o mesmo período (FIESC, 2014c). Além disso, a indústria automotiva em 2013 gerou 16,4 mil postos de trabalho (FIESC, 2014b). Em todo o Brasil, o total de empregos formais foi, em 2102, de 541.483, sendo que São Paulo representou mais de 53% do total de empregos formais do setor em 2012, com mais de 274 mil postos (FIESP, 2014; FIESC, 2014a).

Em relação às exportações, SC exportou menos de US\$ 1 bilhão. Em 2013, os cinco estados brasileiros que mais exportaram (SP, PR, MG, RJ e RS) representaram 91% do total de exportações nacionais. (FIESC, 2014b). Quanto às importações SC, em 2013, importou menos de US\$ 100 milhões. Em 2013, os cinco estados brasileiros que mais importaram (SP, PR, RS, MG e BA) representaram 78% do total de importações nacionais. (FIESC, 2014b).

6.2 DEFINIR O OBJETIVO DO FORESIGHT E DO SISTEMA

6.2.1 Definir o objetivo do foresight

O objetivo do desenvolvimento do ISF setorial para os setor automotivo de Santa Catarina foi ampliar a competitividade deste, identificando visões de futuros até 2022 e o caminho mais provável de atingi-las, promovendo a articulação de partes interessadas.

6.2.2 Definir o sistema

O sistema de inovação setorial compreendeu as subseções 29.1, 29.2, 29.3, 29.4 e 29.5, descritas pelo CNAE 20 (vide seção 5.2.2.1).

6.2.3 Definir os componentes estruturais

Devido à fase de formação da indústria em análise, houve dificuldade em identificar claramente aqueles atores, redes e instituições que influenciam fortemente a indústria automotiva. Dessa forma, será comentado, de forma genérica, aqueles que estão presentes nesta fase da indústria atualmente.

Quanto aos atores da indústria automotiva, o estado de Santa Catarina, no período de análise, não possuía nenhuma montadora de veículos. O estado é caracterizado por possuir, em sua maioria, empresas fornecedoras de terceiro nível na cadeia de suprimentos.

Outro ator identificado para o setor automotivo é a FIESC, por ser a representante das indústrias no estado. Entre outros atores, podem-se citar sindicatos e agências reguladoras. Algumas universidades e institutos de pesquisa do estado atuam como atores do sistema, mas ainda não possuem papel de destaque.

Quanto às redes do sistema automotivo, identificaram-se as relações entre os fornecedores de diferentes níveis da cadeia de suprimentos e entre empresas e sindicatos. A rede universidade indústria pouco influencia o sistema atualmente.

Observou-se que faltam instituições de interesse nos sistemas, principalmente por estes ainda se encontrarem em fase formativa. Durante as entrevistas, alguns fornecedores que trabalham com exportações de peças automotivas, citaram a influência de regulações internacionais, como a EURO. A nível nacional, pode-se destacar também o INMETRO, quanto às políticas de metrologia e avaliação da qualidade.

6.3 PLANEJAR O ROADMAP

A. Planejamento

a) Definir o foco, escopo e objetivo

O *roadmap* automotivo objetiva identificar as oportunidades e os requisitos chaves que levariam ao desenvolvimento do setor automotivo.

b) Definir a arquitetura do *roadmap*

A arquitetura do *roadmap* automotivo corresponderia a um planejamento de longo prazo de formato multicamadas. A camada vertical corresponderia ao período do *foresight* e as camadas horizontais seriam representadas pelas funções do sistema de inovação.

c) Definir o processo

O *roadmap* automotivo seria resultante dos 4 workshops com especialistas do setor.

d) Definir os participantes

Os participantes para a construção do *roadmap* automotivo envolveriam *stakeholders* e especialistas do setor.

e) Definir a logística e preparar

A logística e preparação envolveriam as atividades de identificação do local de realização dos *workshops* bem como o envio dos convites aos *stakeholders* do setor automotivo.

B. Workshops

- a) *Workshop 1* – acessar a funcionalidade do sistema setorial automotivo e definição dos objetivos do processo.
- b) *Workshop 2* – construir a visão da indústria automotiva.
- c) *Workshop 3* – identificar os mecanismos de bloqueio e indução.
- d) *Workshop 4* – especificar os aspectos políticos chave.

C. Revisão

- a) Construir o *roadmap*

Corresponderia construção do *roadmap* automotivo.

6.4 MAPEAR FUNÇÕES E TENDÊNCIAS

6.4.1 Mapear o padrão funcional do sistema

A seguir estão descritos os principais resultados a respeito da funcionalidade atual do setor automotivo.

6.4.1.1 Atividades empreendedoras

Segundo a FIESC (2014b), Santa Catarina se destaca na produção de autopeças para veículos automotores, caminhões e ônibus. O estado fabrica desde impulsores de partida, mancais e polias a blocos de cilindros e cabeçotes para motores a diesel. Neste aspecto, há ações empreendedoras no que tange ao desenvolvimento de variedade no sistema, principalmente no desenvolvimento de produtos mais sustentáveis.

Há pouca atividade empreendedora no que diz respeito a empresas sistematistas, que atuam na fabricação de freios, painéis, motores e suspensão, e empresas que utilizam a tecnologia de conformação a frio, que obtém peças através da compressão de metais sólidos. A incidência de prestadores de serviço de manutenção e empresas de ferramentaria automotiva também é baixa no estado. Algumas empresas acabaram desenvolvendo seu próprio setor de manutenção ou ferramentaria para suprir essa demanda.

Outra área em que há pouca atividade empreendedora, não só em Santa Catarina, mas também no Brasil, é a de tração elétrica e integração de veículos elétricos. A WEG, uma multinacional de eletromotores com sede em Jaraguá do Sul, em Santa Catarina, deu início a um programa de experimentos, através da elaboração de protótipos como alternativa para o transporte coletivo e fontes de energia.

Em outubro de 2014 houve a inauguração da primeira fábrica da BMW, em Araquari, no norte de Santa Catarina. A chegada da montadora é uma oportunidade para potencializar atividades empreendedoras, principalmente no que tange ao fornecimento de peças e componentes, área que carece de massa crítica no estado. Outras entrantes no estado foram a GM, a LS Mtron e a Pezzaioli, que inauguraram uma montadora, uma fábrica de máquinas agrícolas e uma fábrica de carrocerias climatizadas em Joinville, Garuva e Faxinal do Oeste, respectivamente, as duas primeiras em 2013 e a última em 2014. A Sinotruk, montadora de caminhões chinesa, também deu início a montagem de sua fábrica em Lages, na Serra catarinense, em 2014.

6.4.1.2 Desenvolvimento do conhecimento

A WEG tem criado conhecimento através de aprendizado por pesquisa e aprendizado por prática na parte de tração elétrica e busca de fontes alternativas de energia para o setor automotivo. A multinacional já apresentou protótipos de ônibus movidos por tração elétrica, projeto que teve apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Alguns empresários relatam que a falta de incentivos e financiamentos de pesquisas tem prejudicado o aproveitamento de ações de desenvolvimento de conhecimento por meio do aprendizado por pesquisa em áreas como controle de emissões, sensores embarcados e conformação a frio.

6.4.1.3 Difusão do conhecimento na rede

A difusão do conhecimento no setor automotivo poderia ser mais bem aproveitada no estado, através de projetos de cooperação tecnológica entre universidade, governo e indústria. A interação entre as organizações públicas e privadas ainda é pouco explorado no estado, o que dificulta a difusão do conhecimento. Um dos principais motivos são os entraves legislativos e, até mesmo, a falta de uma legislação que norteie o processo de cooperação (Tecchio *et al.*, 2010). Alguns projetos cooperativos, porém, vêm sendo desenvolvido. Um exemplo são os projetos desenvolvidos em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI), órgão atrelado à FIESC que oferece desde de cursos profissionalizantes a pós-graduação no setor automotivo, e UFSC. Além disso, o SENAI Brasil fechou uma parceria com o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) para desenvolvimento de projetos de

inovação de produtos e processos em diversos estados brasileiros, inclusive Santa Catarina, no que tange a sistema embarcados (FIESC, 2015b).

Boa parte da difusão do conhecimento vem através de benchmarking. Muitas empresas do estado buscam a troca de informações com empresas internacionais, norte americanas e europeias, a fim de adaptar seus produtos ao mercado brasileiro.

Outro fator que influencia a difusão do conhecimento na rede é a atuação dos sindicatos industriais. Em Santa Catarina, a FIESC possui o Programa de Desenvolvimento Associativo (PDA), cujo objetivo é estimular a participação e desenvolvimento dos sindicatos, além de estimular as indústrias a se sindicalizarem. Nessa base, o programa promove programas de treinamento, palestras workshops e cursos para adequar os sindicatos (FIESC, 2013d). Além disso, outras sindicatos nacionais importantes do setor automotivo, como o Sindipeças (Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores) e a Abipeças (Associação Brasileira da Indústria de Autopeças), promovem cursos, palestras, fóruns e reuniões em todo o Brasil (SINDIPEÇAS, 2016).

Pode-se citar ainda nesta função, a atuação da Câmara de Desenvolvimento da Indústria Automotiva (FIESC, 2014d), filiada e assessora da FIESC no que tange ao setor automotivo. Esta é responsável pela promoção de cursos para o setor automotivo.

6.4.1.4 Orientação à pesquisa

As atividades de orientação à pesquisa de destaque no setor no estado estão atrelados aos programas de padronização e normatização, tais como as ISO 9.001 (qualidade), 14.001 (gestão ambiental), 16.949 (gestão da qualidade para a indústria automotiva) e a *European Emission Standard* (EURO) 5 (padrão europeu de emissão) legislação ambiental focada em caminhões e ônibus para diminuir o impacto das emissões de poluentes). A tendência é que cada vez mais as empresas sejam pressionadas a se certificar e atender a legislação. Algumas empresas no estado já estão sofrendo pressão de fornecedores e clientes para se adaptar a EURO 6 e norma de segurança trabalhista NR-12.

Outro órgão que influencia a orientação à pesquisa nas indústrias brasileiras é o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2015), ligado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Este exige que as empresas de componentes automotivos apresentem o selo de conformidade para

comercializar seus produtos no Brasil. Outra iniciativa é a da FIESC, que tem desenvolvido *foresights* para a indústria e foi a responsável por identificar a carência do setor no estado.

6.4.1.5 Formação de mercado

O governo tem desenvolvido alguns programas com foco no desenvolvimento de inovações e concessão de incentivos fiscais. Um destaque é o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (INOVAR-AUTO, 2012), que objetiva aumentar a competitividade do setor automotivo, investindo na cadeia de fornecedores, P&D, produção de veículos mais econômicos e seguros, com vigência até 2017.

Outra iniciativa de regimes fiscais específicos para o desenvolvimento de novas tecnologias é a Lei número 11.196/05, conhecida como a Lei do Bem (BRASIL, 2005). Esta foi criada pelo governo a fim de conceder incentivos fiscais à pesquisa e desenvolvimento de inovações tecnológicas. As empresas devem preencher alguns requisitos para poder solicitar o incentivo. Algumas indústrias do setor automotivo em Santa Catarina tem sido beneficiadas por este incentivo.

Também em nível estadual, encontra-se o programa Inova@SC, que busca promover o desenvolvimento de inovações no estado de Santa Catarina (INOVA@SC, 2015). Este tem a capacidade de desenvolver políticas de Inovação e Tecnologia no estado e, portanto, apresenta-se como um apoio importante à formação de mercado no setor automotivo.

Uma tendência é que pode ser um mercado explorado no setor automotivo é a utilização de impressoras 3D para fabricação de peças e componentes. Nenhuma empresa no estado atualmente está desenvolvendo esse tipo de solução ainda, mas muitos empresários apontam como um nicho potencial para formação de mercado.

6.4.1.6 Mobilização de recursos

O relatório setorial desenvolvido pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013) apresenta o plano de apoio técnico e financeiro para a indústria automotiva, o Plano Brasil Maior, desenvolvido pelo MDIC (BRASIL, 2014a). Este visa apoiar projetos de capacitação e desenvolvimento de fornecedores no setor de autopeças em diversos estados brasileiros, inclusive Santa Catarina, além de prever incentivos fiscais e de financiamento.

Outras fontes de recursos financeiros são o FINEP e o BNDES, que fornecem recursos para melhoria e desenvolvimento de produtos, serviços e processos (FINEP, 2014). O BNDES tem uma linha de financiamento focado, por exemplo, em mobilidade urbana. Algumas empresas, no entanto, tem relatado dificuldades em conseguir financiamentos através desses órgãos, principalmente devido a questões políticas e burocráticas.

No que diz respeito a capital humano, muitas empresas relatam dificuldade em contratar profissionais qualificados. Porém, há algumas iniciativas no estado a fim de preencher essa lacuna. A UFSC inaugurou um curso de graduação específico em engenharia automotiva em 2014. Outras instituições que tem desenvolvido capital humano para a indústria são: o SENAI e a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

6.4.1.7 Criação de legitimidade

São poucas as atividades relacionadas a criação de legitimidade ao setor automotivo em Santa Catarina. Uma das principais instituições é a FIESC e a Câmara Setorial Automotiva (FIESC, 2014d), que tem sido apontada por empresários e especialistas como a articuladora da voz do setor, pois tem atuado no desenvolvimento de pesquisas sobre a indústria automotiva e buscado a integração Universidade, indústria e governo. Em 2014, a Federação operacionalizou as Rota Estratégica Setorial Automotiva e, em 2015, lançou o mapa da indústria em Santa Catarina.

A nível nacional, pode-se citar, como promovedores da legitimidade no setor automotivo, o Sindipeças e a Abipeças, que atuam no fortalecimento da indústria de autopeças automotivas (SINDIPEÇAS, 2016). Um fator que também tem influenciado a criação de legitimidade no setor automotivo é a entrada de empresas chinesas e coreanas, que influenciam, a nível nacional, a forma de busca de legitimidade junto ao governo, bem como afeta o hábito de consumo da sociedade.

6.4.2 Analisar tendências

As tendências encontradas para a indústrias automotiva estão descritas no Apêndice C.

6.4.3 Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema

No *workshop* 1, houve a avaliação dos resultados da análise das funções da indústria automotiva por parte dos participantes. Assim,

avaliaram-se as principais evidências de que a indústria se encontra na fase de formação.

6.5 DEFINIR A VISÃO E OS MECANISMOS DO SISTEMA

6.5.1 Workshop 2 – Construir a visão

Como resultado do *workshop* 2, além da relação de frases que definissem a visão de futuro de cada indústria, foi possível identificar 3 macro tendências intersetoriais dos setores no estado, no Brasil e no mundo, que já influenciam e devem influenciar as estratégias das indústrias emergentes:

- Alternativas de mobilidade;
- Sustentabilidade;
- Aproximação entre empresas, governo e universidades.

A análise das tendências em conjunto com os resultados referentes à análise da funcionalidade de cada um dos sistemas de inovação levou às seguintes visões de futuro para a indústria automotiva:

- Cadeia produtiva da indústria automotiva integrada desenvolvendo sistemas e produzindo componentes com tecnologia e sustentabilidade.

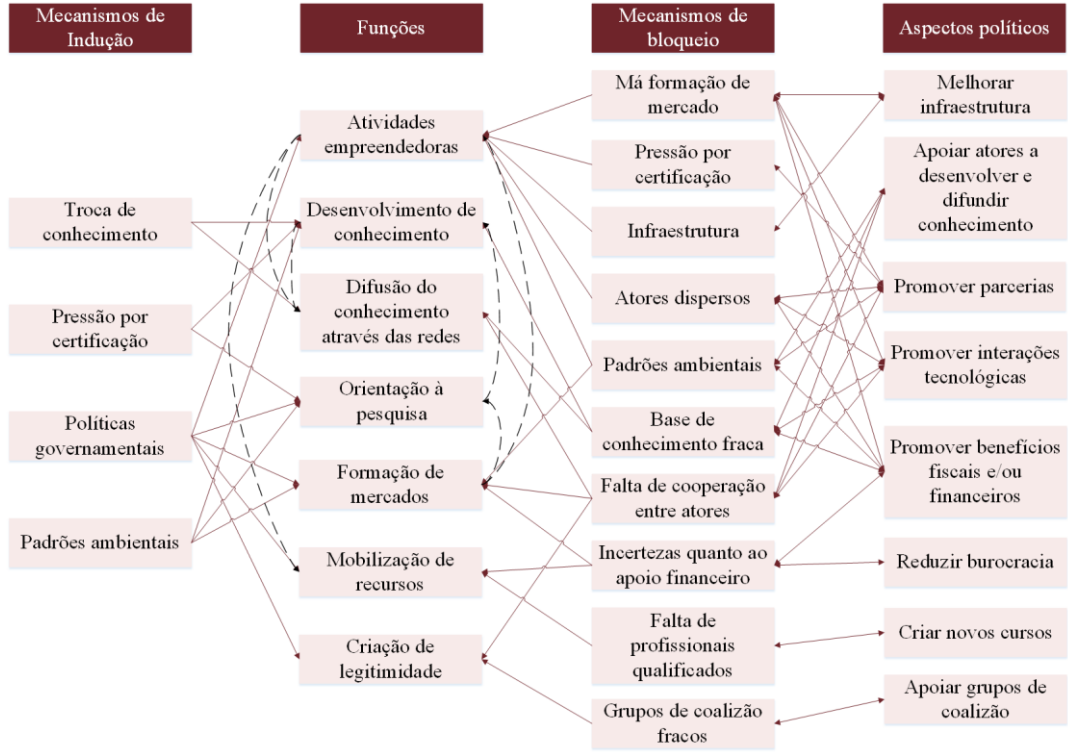
6.5.2 Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio

A Figura 23 resume os mecanismos de indução e bloqueio da indústria automotiva. Assim, foram apontados quatro mecanismos de indução: troca de conhecimento, pressão por certificação, políticas governamentais e padrões ambientais. Os mecanismos de indução influenciam a troca de conhecimento entre os atores do sistema de inovação, o que impacta o desenvolvimento e a difusão do conhecimento na rede. A pressão pela certificação e as regulações ambientais induzem as empresas positivamente a desenvolver conhecimento, impactando a orientação a pesquisa e, conseqüentemente, o desenvolvimento do conhecimento. A pressão pelos padrões ambientais também influenciam a formação de mercado no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias ambientais. As políticas governamentais oferecem recursos e incentivos, o que impulsiona atividades empreendedoras, orientação à pesquisa, formação de mercado, mobilização de recursos e favorece a criação de legitimidade para a indústria.

Em relação aos mecanismos de bloqueio da indústria automotiva, foram indicados a má formação de mercado, falta de infraestrutura e a dispersão dos autores impactam negativamente as atividades empreendedoras. O não atendimento dos padrões ambientais dificulta tanto a formação de mercado, no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias, quanto as atividades empreendedoras, pois, juntamente com a pressão pela certificação, podem inibir novos entrantes. A fraca base de conhecimento da indústria automotiva, cuja tecnologia é majoritariamente importada, impacta o desenvolvimento e a difusão do conhecimento na rede. Além disso, a falta de cooperação entre os autores impacta o desenvolvimento do conhecimento, formação de mercado e criação de legitimidade. As incertezas quanto ao apoio financeiro, caracterizada pelo excesso de burocracia, bloqueia a formação de mercado e mobilização de recursos. Esta última também sofre influência negativa devido à falta de mão-de-obra especializada. Os padrões ambientais, que também podem atuar na indústria como fator indutor, podem inibir novos entrantes, impactando as atividades empreendedoras. O não atendimento dos padrões ambientais dificulta a formação de mercado quanto ao desenvolvimento de novas tecnologias.

Em relação às interdependências entre as funções, uma má formação de mercado afeta negativamente o desenvolvimento de atividades empreendedoras e orientação à pesquisa. Uma orientação à pesquisa fraca dificulta o desenvolvimento de conhecimento. O fraco desenvolvimento de atividades empreendedoras impacta negativamente a mobilização de recursos, o desenvolvimento do conhecimento e a difusão deste na rede.

Figura 23 - Mecanismos de indução e bloqueio e aspectos políticos da indústria automotiva.



Fonte: autora (2015).

6.6 ESPECIFICAR AS POLÍTICAS CHAVES

6.6.1 Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave

No workshop 4, os participantes elaboraram estratégias de curto, médio e longo prazos que fortalecessem os mecanismos indutores do sistema e enfraquecesse os mecanismos de bloqueio identificados através das visões, a fim de gerar o *roadmap*. As questões políticas chave para a indústria automotiva estão representadas pela quarta coluna da Figura 23. Foram identificadas oito políticas públicas que devem ser consideradas para a elaboração das estratégias que gerarão o *roadmap* do setor automotivo.

Assim, tem-se as seguintes políticas:

- Promover parcerias: incentivar a formação de parcerias a fim de desenvolver mercados, induzir o desenvolvimento de pesquisas e parcerias entre atores dos sistemas;
- Promover incentivos financeiros e fiscais: conceder incentivos fiscais e financeiros a fim de estimular o desenvolvimento de mercados, incentivar novas tecnologias e o desenvolvimento de estudos e pesquisas;
- Melhorar infraestrutura: melhorar a infraestrutura para estimular a formação de mercados;
- Apoiar os atores do sistema no aumento e na difusão do conhecimento: incentivar o desenvolvimento de pesquisas e a difusão do conhecimento entre os atores da cadeia;
- Promover interações tecnológicas: promover a aproximação dos atores dos sistemas a fim de promover o desenvolvimento de estudos em novas tecnologias;
- Reduzir a burocracia: desburocratizar os processos a fim de incentivar a formação de mercado;
- Criar novos cursos: criar novos cursos a fim de desenvolver mão de obra qualificada e expandir a oferta de cursos nos setores automotivo, aeronáutico e ferroviário;
- Apoiar grupos de coalizão: formar alianças a fim de criar grupos de interesse e incentivar novas tecnologias

6.7 CONSTRUIR O ROADMAP

A seguir serão descritos as principais estratégias elaboradas para a indústria automotiva, em relação a cada função do sistema de inovação.

O TRM final pode ser visualizado na Figura 24. Os detalhes do TRM para a indústria automotiva encontram-se no Apêndice E.

6.7.1 Atividades empreendedoras

Para primeira função foram identificados cinco aspectos atuais. O primeiro corresponde à falta de fornecedores de primeiro nível na indústria. Para isto, foi proposto a formação de parcerias e o oferecimento de benefícios fiscais para fomentar a formação de uma rede de fornecedores. O segundo aspecto é a falta de empresas especializadas em conformação a frio para peças do setor automotivo, tanto no Brasil quanto em Santa Catarina. A proposta sugerida envolve a formação de parcerias com empresas internacionais, que já tem a expertise no setor. Em um segundo momento, a sugestão é o oferecimento de benefícios fiscais para encorajar a formação de empresas que trabalhem com conformação a frio no estado. O terceiro aspecto atual identificado é relativo às barreiras infraestruturais, que limitam novos entrantes. Para isso, foi proposta a definição de estratégias para melhorar a infraestrutura e a otimização do fluxo de transporte pelas rodovias. O quarto aspecto atual é a falta de fornecedores de partes e componentes. As sugestões para esse aspecto foram encorajar a formação de associações entre produtores de componentes, para posteriormente, formar-se um cluster integrando a cadeia de produção. Por fim, identificou-se que estão surgindo novos entrantes no setor, que se apresentam como uma oportunidade para fomentar novos entrantes. Por isso, foi proposto o oferecimento de benefícios fiscais e a criação de parcerias público privadas para apoiar o desenvolvimento de novas tecnologias.

6.7.2 Desenvolvimento do conhecimento

Em relação à segunda função do sistema de inovação, foram identificados dois aspectos atuais. O primeiro relaciona-se à falta de estudos relacionados a sensores embarcados e conformação a frio. Para isto, foi proposto o oferecimento de benefícios fiscais e, posteriormente, a criação de laboratórios para incentivar o desenvolvimento de pesquisas sobre esses assuntos. O segundo aspecto identificado está relacionado à macrotendência “sustentabilidade”. Neste sentido, foi identificada a falta de estudos sobre controle de emissão de poluentes e fontes de energias alternativas. As propostas envolvem o oferecimento de benefícios fiscais e a criação de centros de P&D&I focados nesses dois aspectos.

6.7.3 Difusão do conhecimento na rede

Foram identificados cinco aspectos atuais conexos à difusão do conhecimento através da rede no setor automotivo. O primeiro aspecto está relacionado a macrotendência “aproximação entre empresas, governo e universidades”. Foi proposta a criação de rede de interação tecnológica entre esses três atores para que, futuramente, essas parcerias formassem centros compartilhados de P&D para o desenvolvimento de pesquisas e projetos para o setor automotivo. O segundo aspecto relaciona-se à troca de informações com empresas do exterior, que já ocorre. As sugestões, neste sentido, envolvem a assinatura de acordos tecnológicos e a criação de centros de P&D&I em parceria com empresas nacionais e internacionais. O terceiro aspecto é a promoção de discussões, fóruns e competições, que já ocorrem no Brasil – por exemplo, o SAE. Dessa forma, as sugestões propostas envolvem o encorajar a participação das indústrias automotivas de Santa Catarina e promover rodadas de negócios a nível estadual para incentivar a interação tecnológica entre os atores do sistema setorial. O quarto aspecto é o surgimento de novas parcerias entre universidades nacionais e internacionais e institutos de pesquisa. As estratégias propostas foram a expansão do número de parcerias e a criação de centros de P&D&I entre esses atores. Por fim, foi identificada a falta de uma legislação e regras claras para guiar o processo de cooperação público-privada. Para isso, foi sugerido a criação de editais para, posteriormente, expandir o número de projetos compartilhados entre os atores.

6.7.4 Orientação à pesquisa

Quanto à orientação a pesquisa, foram identificados dois aspectos atuais: aumento da pressão por certificação e esforços em *foresight*. As estratégias sugeridas para o primeiro aspecto envolvem encorajar as indústrias a se adaptarem a esses padrões, assinar acordos com centros de certificação internacionais e criar laboratórios de certificação. Para o segundo aspecto, foi proposto o desenvolvimento de um plano diretor para implementar as ações traçadas pelo *roadmap*.

6.7.5 Formação de mercado

Em relação à formação de mercados, foram identificados três aspectos atuais. O primeiro corresponde a falta de incentivos fiscais e financeiros para pesquisas. A estratégia sugerida para este aspecto é a

definição de um pacote de incentivos fiscais para incentivar a criação de laboratórios de P&D. O segundo aspecto é o excesso de burocracia para conseguir o apoio de programas de incentivo. Para isto, foi proposto a redução da burocracia de acesso a recursos de P&D e de formação de parcerias público privadas. Por fim, identificou-se o aumento da pressão de novos padrões ambientais, também relacionados à macrotendência “sustentabilidade. As estratégias sugeridas envolvem a definição de um pacote de incentivos fiscais para apoiar o desenvolvimento de pesquisas de novas tecnologias ambientais para, posteriormente, viabilizar a criação de laboratórios em parcerias com universidades.

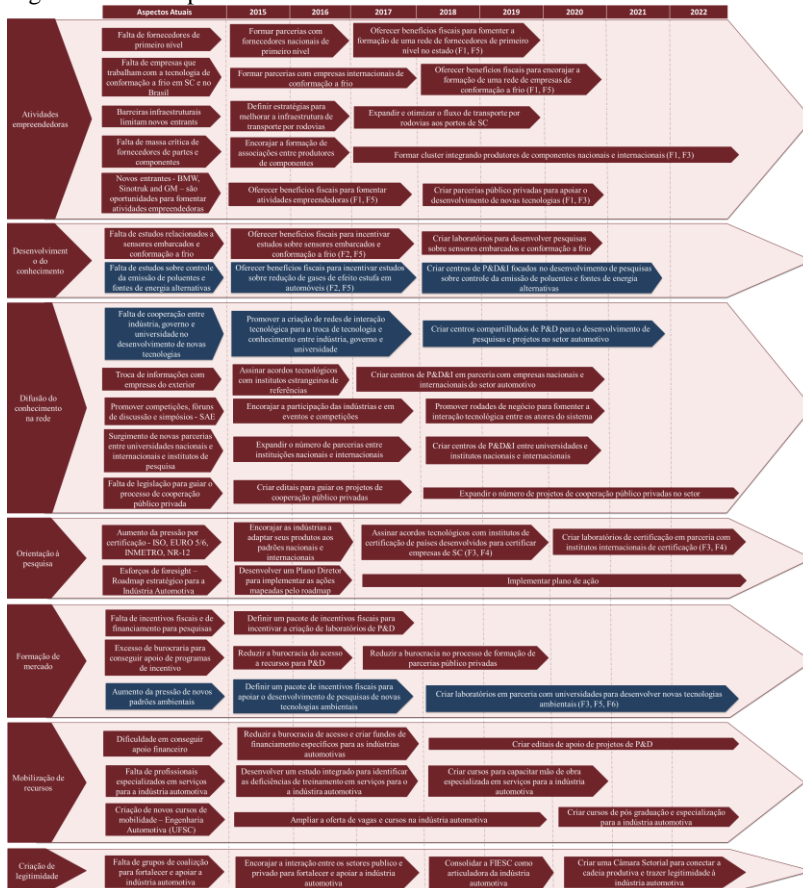
6.7.6 Mobilização de recursos

Para a sexta função, foram identificados três aspectos atuais. O primeiro relaciona-se a dificuldade em conseguir apoio financeiro. As estratégias propostas envolvem a redução da burocracia de acesso e a criação de fundos de financiamento. Além disso, propõe-se a criação de editais de apoio a projetos de P&D. O segundo aspecto relacionado à sexta função é a falta de profissionais especializados em serviços para a indústria automotiva. Para isto, propõe-se o desenvolvimento de um estudo para identificar as deficiências de treinamento para, posteriormente, criar cursos para suprir essas lacunas. Por fim, foi identificado que a UFSC abriu o curso de Engenharia Automotiva. Neste sentido, as estratégias traçadas envolvem a expansão das vagas e de demais cursos para a indústria automotiva, além da criação de cursos de pós-graduação e especialização, em um segundo momento.

6.7.7 Criação de legitimidade

Quanto à criação de legitimidade para a indústria, foi identificado um aspecto: a falta de grupos de coalizão para fortalecer e apoiar a indústria automotiva. Uma das estratégias propostas é encorajar a interação entre os setores público e privado. No médio e longo prazos, sugere-se a consolidação da FIESC como articuladora da indústria automotiva e a criação de uma câmara setorial, respectivamente.

Figura 24 - TRM para a indústria automotiva.



Fonte: autora (2016).

6.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A indústria automotiva catarinense encontra-se em uma fase emergente no estado. Analisando a sua funcionalidade, identifica-se a falta de atores, redes e instituições no sistema que levem esta indústria a ser competitiva. Tendo mapeado a funcionalidade, foi possível identificar os principais aspectos que bloqueiam e induzem o sistema automotivo atualmente. Podem-se citar como principais mecanismos bloqueadores, a má formação de mercado, falta de infraestrutura, dispersão dos atores, base de conhecimento fraca, falta de profissionais qualificados, grupos de coalizão fracos, falta de apoio financeiro, entre outros. Entre os mecanismos que induzem o sistema, pode-se mencionar a troca de conhecimento, políticas governamentais, padrões ambientais e pressão por certificação.

Após analisar esses mecanismos, foi possível identificar os principais aspectos políticos que podem influenciar o sistema automotivo, tendo em vista a diminuição do impacto dos fatores que o bloqueia e o fortalecimento daqueles que o induz. Essas políticas foram traduzidas em estratégias, as quais focam os fatores indutores e bloqueadores do sistema, identificados por meio do mapeamento das funções. Assim, foi gerado o gráfico final do *roadmap*, relacionando no eixo vertical as funções do SI e, no eixo horizontal, o período considerado.

7 ISF DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Este capítulo apresenta os resultados da condução dos procedimentos metodológicos proposto para o caso da indústria aeronáutica. Assim, são apresentados os principais aspectos que influenciam a funcionalidade do sistema setorial aeronáutico e os fatores políticos que podem alavancar seu desenvolvimento no longo prazo.

Particularmente, a subseção 7.1 faz uma breve contextualização da indústria. Em seguida, dos itens 7.2 a 7.7, apresenta-se uma descrição dos resultados do passo a passo da aplicação do método. Por fim, na subseção 7.8 são feitas as considerações finais do capítulo.

7.1 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR

A indústria aeronáutica mundial é caracterizada por grandes corporações, sejam voltadas exclusivamente para o setor ou parte de um conglomerado que dedicam apenas parte de suas transações a aeronáutica (ABDI, 2009). A maior parte das empresas líderes do setor encontram-se em países desenvolvidos, o que pode ser explicado historicamente pela corrida espacial durante as Grandes Guerras Mundiais, quando ficou evidente a importância estratégica do setor aeronáutico para a supremacia tecnológica e militar (GIACAGLIA, 1994; LIMA *et al.*, 2005).

Vasconcellos e Neto (2012) destacam as atividades espaciais em dois períodos principais. O primeiro foi caracterizado pela corrida espacial, principalmente entre as duas superpotências da época: Estados Unidos e União Soviética. O segundo correu após o final da década de 80 e se caracteriza pela cooperação internacional do setor. Os autores destacam que os países detentores da tecnologia espacial são, em sua maioria, países desenvolvidos, sendo os países emergentes grades importadores de tecnologia.

Lima *et al.* (2005) citam três fatores principais que justificam o caráter estratégico do setor aeronáutico para o desenvolvimento de um país. Em primeiro lugar, encontra-se a relação do setor com os aspectos de segurança nacional, uma vez que a indústria civil impacta e é impactada pelo desenvolvimento tecnológico e pelos programas de produção militares. O segundo aspecto relaciona-se às atividades produtivas de alta intensidade tecnológica geradas pelo setor, que promovem *spillovers* e aceleram a taxa de crescimento econômico de um país. Em terceiro lugar, pode-se citar que muitos produtos da cadeia aeronáutica apesar de estarem sujeitos às flutuações cíclicas da economia

mundial, apresentam alta elasticidade-renda da demanda no longo prazo, o que impacta as exportações e alavancam o setor em relação a economia nacional.

Vasconcellos e Neto (2012) mencionam o papel central do estado no setor aeronáutico, sendo este o principal responsável pela elaboração das políticas para o setor, devido à extrema complexidade, recursos e maturação exigidos pelo mesmo.

No Brasil, a fabricação de componentes aeronáuticos começou tardiamente, apesar do pioneirismo de Santos Dumont, em 1906, que realizou o primeiro voo tripulado testemunhado publicamente (EMBRAER, 2006). As origens da indústria aeronáutica no Brasil datam de 1945, com a criação do Centro Técnico da Aeronáutica (CTA) que deu origem, dois anos mais tarde, ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) (LIMA *et al.*, 2005).

Em 1969 então, houve a criação da Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER, 2015), que passou a ser a responsável pela fabricação do protótipo da aviação brasileira, chamado Bandeirante. A criação da EMBRAER veio para efetivar a estratégia de obtenção de conhecimento e autossuficiência em algumas áreas estratégicas do setor aeronáutico (LIMA *et al.*, 2005). Atualmente, a EMBRAER (2014) possui mais de 90 companhias aéreas em mais de 60 países; 850 jatos executivos entregues em mais de 60 países; mais de 5.000 aeronaves entregues; é uma das maiores fabricantes de jatos comerciais; e possui mais de 1.100 jatos *e-jets* entregues (EMBRAER, 2014).

Os principais atores do setor aeronáutico no Brasil atualmente são a Agência Espacial Brasileira (AEB), o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) e seus institutos, o Comando da Aeronáutica (Comaer) do Ministério da Defesa (MD) e o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (VASCONCELLOS; NETO, 2012).

Gomes e Fonseca (2014) elencam os principais pontos fracos e fortes da indústria aeronáutica brasileira. Entre os pontos fortes, pode-se citar:

- A presença de marcas reconhecidas internacionalmente, como a própria EMBRAER, e a Helibras, subsidiária do Grupo Airbus e líder de mercado na produção de helicópteros;
- A inteligência de mercado que tende a distinguir nichos de mercado promissores na indústria aeronáutica;
- Boa base tecnológica, formada pelo parque industrial aeronáutico em São José dos Campos, com o ITA e o

Departamento de Ciência Tecnologia Aeroespacial (DCTA), pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade Federal de Itajubá (UNIFEL);

- Autoridades aeronáuticas certificadoras reconhecidas internacionalmente (ANAC, no civil, o DCTA e o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial – IFI, no militar).

Entre os principais pontos fracos, pode-se citar:

- Concentração e dependência do setor aeronáutico em poucas empresas, como a Embraer;
- Cadeia produtiva frágil, dependente de empresas de pequeno porte;
- Falta de agências especializadas em interagir com a indústria no que tange ao direcionamento de recursos para P&D;
- Déficit de políticas públicas de apoio, que prejudica as empresas brasileiras frente às concorrentes globais.

O Estudo Prospectivo Aeronáutico protagonizado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2009) traz um panorama da indústria aeronáutica no Brasil e no Mundo, apresentados no Quadro 5:

Quadro 5 - Dados do panorama da indústria aeronáutica mundial e brasileira.

Fator	Mundo	Brasil
Exportação⁶⁷⁸⁹	<ul style="list-style-type: none"> • Entre 1997 e 2006, a indústria aeronáutica mundial entregou ao mercado 32.103 aeronaves, a um preço total de US\$920,5 bilhões. É previsto para o período de 2007-2016 a produção de cerca de 44.364 aeronaves (acrécimo de 38,2%), com faturamento bruto de US\$1,3 trilhão (um acréscimo de 41,2%). 	<ul style="list-style-type: none"> • O setor aeroespacial brasileiro exportou, em 2006, US\$3,9 bilhões, o equivalente a 3,1% das exportações brasileiras de produtos industrializados. O faturamento das indústrias do país é inferior a 2% do faturamento do mundo ocidental.

6Agência Nacional de Aviação Civil - <http://www.anac.gov.br/estatistica/estat26.asp>.

7 Airline Market & Embraer Programs Overview – A Perspective from 30-120 Market Segment <http://www.embraer.com>.

8Embraer, Regra 70-110 - http://www.embraer.com.br/portugues/content/imprensa/press_releases_detalhe.asp?id=603.

9 50-Seat RJ Market Implodes, Aerospace America Magazine, 2006.

Crescimento do mercado ¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> • A indústria aeronáutica mundial é regida, em maior parcela, pelo mercado do transporte aéreo. Esse mercado está crescendo globalmente em taxas anuais por volta de 5%, superior ao crescimento dos PIBs nacionais, o que está acontecendo na ordem de 3% ao ano. • O <i>Federal Aviation Administration</i> (FAA, na sigla em inglês) prevê o crescimento da frota de aeronaves comerciais de 7.836 em 2005 para 10.677 em 2017. 	<ul style="list-style-type: none"> • O Brasil é o segundo maior mercado de helicópteros do mundo. O país conta com 950 aparelhos de todos os tipos. • No Brasil, a taxa de crescimento do modal aéreo é praticamente o dobro da mundial. • Após 2008, a aviação regional deverá crescer 80 (2,3%) aeronaves ao ano, alcançando 3.851 aeronaves em 2017.
--------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Adaptado ABDI (2009, p. 42-44).

Em relação a indústria de transformação, o valor adicionado (VA) do setor aeronáutico, juntamente com o setor ferroviário, no Brasil correspondeu a R\$ 8.164,00 milhões em 2013, representando 1,7% da participação do VA desses setores nas indústrias de transformação (FIESP, 2014). Além disso, estes mesmos setores apresentaram 115.065 empregos formais e 1.247 estabelecimentos, representando 1,5% e 0,4%, respectivamente, do total da indústria de transformação do país em 2013. Dessa forma, os setores correspondentes ao CNAE 30 apresentaram o 18º maior VA da indústria de transformação brasileira, do total de 24 setores.

Em Santa Catarina, a indústria aeronáutica participa, juntamente com a indústria ferroviária, do CNAE 30, que distribuiu o total de 0,7% do VAF de 2010. Quanto ao grau de industrialização, a relação VTI/VBPI de SC era de 31%, contra 38% a nível nacional em 2011 (FIESC, 2014c).

Em relação a empregos, havia em 2011 o total de 5.521 pessoas relacionadas ao CNAE 30, ou seja, 0,7% dos empregos totais das indústrias correspondentes ao CNAE 2.0. Em todo o Brasil, o total de empregos formais foi, em 2012, de 105.422, sendo que SP representou mais de 30% do total de empregos formais do setor em 2012, com mais de 32 mil postos (FIESP, 2014; FIESC, 2014a). A produtividade das indústrias catarinenses do CNAE 30 em 2011 foi de 44 mil reais por trabalhador, enquanto a média nacional ficou em 157 mil reais por trabalhador (FIESC, 2014b).

Em relação às exportações, SC exportou menos de US\$ 10 milhões. Em 2013, os cinco estados brasileiros que mais exportaram (RS, SP, RJ, PE e BA) representaram 98% do total de exportações nacionais.

10 Liam Breslin, “The European Strategic Agenda for Aeronautics Research and the 7th FP of the European Commission,” European Commission Aeronautics, 2005.

(FIESC, 2014b). Neste período, o estado de São Paulo, por exemplo, exportou mais de US\$ 4 bilhões. Quanto às importações, SP também se destaca, sendo que em 2013, o estado importou mais de US\$ 1 bilhão. SC, no mesmo período, importou menos de US\$ 100 milhões. Em 2013, os cinco estados brasileiros que mais importaram (SP, RJ, ES, AM e MG) representaram 90% do total de importações nacionais. (FIESC, 2014b).

No contexto catarinense, de acordo com dados do CNT (2014), o transporte aéreo em SC movimentou mais de 5,5 milhões de passageiros e mais de 5,3 milhões de quilos em cargas, em 2013. Além disso, em 2012, a empresa aeroespacial brasileira NOVAER, cuja sede é em São Paulo, assinou um contrato de investimento para vir para Santa Catarina, fazendo a transferência de sua matriz para a cidade de Lages, em 2013 (NOVAER, 2014a). A empresa fez em agosto de 2014, o voo de inauguração do protótipo T-Xc, avião que será fabricado em Lages e tem como foco o amplo mercado mundial (NOVAER, 2014b).

7.2 DEFINIR OS OBJETIVOS DO FORESIGHT E DO SISTEMA

7.2.1 Definir o objetivo do foresight

O objetivo do desenvolvimento do ISF setorial para os setor aeronáutico de Santa Catarina foi ampliar a competitividade deste, identificando visões de futuros até 2022 e o caminho mais provável de atingi-las, promovendo a articulação de partes interessadas.

7.2.2 Definir o sistema

O sistema de inovação setorial compreendeu as subseções 30.4, 30.5 e 30.9 descritas pelo CNAE 30 (vide seção 5.2.2.1).

7.2.3 Definir os componentes estruturais

Devido à fase de formação das indústria em análise, houve dificuldade em identificar claramente aqueles atores, redes e instituições que influenciam fortemente a indústria aeronáutica. Dessa forma, será comentado, de forma genérica, aqueles que estão presentes nesta fase da indústria atualmente.

Quanto aos atores da indústria aeronáutica, o estado de Santa Catarina é caracterizado pela presença de poucas empresas atuantes no setor. Pode-se citar como ator atuante, a FIESC, por ser a representante das indústrias no estado. Entre outros autores, podem-se citar sindicatos

e agências reguladoras. Algumas universidades e institutos de pesquisa do estado atuam como atores do sistema, mas ainda não possuem papel de destaque.

Quanto às redes do sistema aeronáutico, identificaram-se as relações entre os fornecedores de diferentes níveis da cadeia de suprimentos e entre empresas e sindicatos. A rede universidade indústria pouco influencia o sistema atualmente.

Observou-se que faltam instituições de interesse nos sistemas, principalmente por estes ainda se encontrarem em fase formativa. A ANAC é uma das agências responsáveis pela regulação do setor.

7.3 PLANEJAR O ROADMAP

A. Planejamento

a) Definir o foco, escopo e objetivo

O *roadmap* automotivo objetiva identificar as oportunidades e os requisitos chaves que levariam ao desenvolvimento do setor aeronáutico.

b) Definir a arquitetura do *roadmap*

A arquitetura do *roadmap* aeronáutico corresponderia a um planejamento de longo prazo de formato multicamadas. A camada vertical corresponderia ao período do *foresight* e as camadas horizontais seriam representadas pelas funções do sistema de inovação.

c) Definir o processo

O *roadmap* automotivo seria resultante dos 4 workshops com especialistas do setor.

d) Definir os participantes

Os participantes para a construção do *roadmap* aeronáutico envolveriam *stakeholders* e especialistas do setor.

e) Definir a logística e preparar

A logística e preparação envolveriam as atividades de identificação do local de realização dos *workshops* bem como o envio dos convites aos *stakeholders* do setor aeronáutico.

B. Workshops

a) *Workshop 1* – acessar a funcionalidade do sistema setorial aeronáutico e definição dos objetivos do processo.

b) *Workshop 2* – construir a visão da indústria aeronáutica.

c) *Workshop 3* – identificar os mecanismos de bloqueio e indução.

d) *Workshop 4* – especificar os aspectos políticos chave.

C. Revisão

a) Construir o *roadmap*

Corresponderia construção do *roadmap* aeronáutico.

7.4 MAPEAR FUNÇÕES E TENDÊNCIAS

7.4.1 Mapear o padrão funcional do sistema

A seguir estão descritos os principais resultados a respeito da funcionalidade atual do setor aeronáutico.

7.4.1.1 Atividades empreendedoras

São poucas as atividades empreendedoras identificadas em Santa Catarina. A empresa Wega Aircraft, localizada em São José, foi fundada em 2006 pelo empreendedor e mecânico Jocelito Carlos Wildner (WEGA, 2015). Um novo entrante previsto para o estado de Santa Catarina é a empresa Novaer, que irá instalar sua fábrica no estado para produção de aviões de pequeno porte em Lages, na serra catarinense. A fábrica ficará responsável pela produção do modelo T-Xc, uma aeronave de fibra de carbono da categoria militar (NOVAER, 2015). Além disso, experimentos particulares estão sendo desenvolvidos em pequenas aeronaves, como é o caso do César Olsen, empresário e atual Coordenador do Comitê da Indústria Aeronáutica da FIESC, e amante do setor aeronáutico (FIESC, 2013a).

De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), faltam empreendedores e empresas especializadas na produção de produtos de alto valor agregado para a indústria aeronáutica, tanto em Santa Catarina quanto no Brasil. A maior parte destes produtos é importada e a cadeia de produção destes é pouco desenvolvida a nível nacional e regional. Além disso, outra atividade não muito desenvolvida no país e no estado é a fuselagem, que também acaba sendo importada, em sua maioria.

No Brasil, especificamente, há uma cadeia de produção desenvolvida, que é a da Embraer, conglomerado brasileiro do setor aeroespacial (EMBRAER, 2015). Apesar de apresentar uma rede de fornecedores forte, muitos contratos são exclusivos, o que funciona como barreira para pequenas empresas entrarem no mercado. Além dessa barreira, outro fator que impede a criação de novas empresas está relacionado aos altos custos, falta de incentivos fiscais e infraestrutura de transporte deficiente.

7.4.1.2 Desenvolvimento do conhecimento

César Olsen tem desenvolvido conhecimento na prática através da construção de aviões de pequeno porte para fins particulares. Além dos interesses particulares do empresário, a Wega também vem desenvolvendo pesquisas internas para desenvolvimento de tecnologia aeronáutica, que já resultou, por exemplo, na fábrica de kits para aeronaves leves, o que era, inclusive, uma lacuna de mercado brasileiro (WEGA, 2015). A Novaer Craft (2015), além de construir a fábrica de aviões em Lages, pretende instalar também um centro de engenharia em Florianópolis, a fim de desenvolver pesquisas no setor aeronáutico.

Apesar dessas iniciativas, a base de conhecimento tecnológica no setor aeronáutico, tanto no Brasil quanto em Santa Catarina, ainda é pouco desenvolvida. Muitos empresários relatam que a tecnologia aeronáutica é, em sua maioria, importada. Na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2015), foram encontradas apenas 20 patentes registradas com o termo “aeronáutica”, em todo o Brasil, o que apoia o argumento sobre a incipiência da base de conhecimento tecnológico nacional.

7.4.1.3 Difusão do conhecimento na rede

A difusão do conhecimento no setor aeronáutico poderia ser mais bem aproveitada no estado, através de projetos de cooperação tecnológica entre universidade, governo e indústria. A interação entre as organizações públicas e privadas ainda é pouco explorado no estado, assim como retratado pela indústria automotiva, o que dificulta a difusão do conhecimento.

Um evento que apoia a difusão de conhecimento na indústria aeronáutica é o Projeto “*Brazilian Aerospace Cluster*” da Agência Espacial Brasileira (AEB, 2014), que conta com a participação de Santa Catarina, por ser um estado que tem a meta de desenvolver um polo industrial aeronáutico. O Projeto é uma parceria entre a Apex-Brasil e o Centro para a Competitividade e Inovação do Cone Leste Paulista (CECOMPI).

A participação em feiras internacionais também tem atuado como difusora do conhecimento no estado. Em 2013, a participação de representantes da FIESC na Feira *Sun’N Fun*, ocorrida nos Estados Unidos, auxiliou a FIESC a se aproximar de empresas americanas de aviação (FIESC, 2013a). Outros participantes catarinenses na feira, além

da FIESC, foram representantes do SENAI-SC e a empresa Wega Aircraft.

Pode-se citar ainda em relação à difusão do conhecimento na rede, o Comitê de Desenvolvimento da Indústria Aeronáutica, filiado à FIESC, que é constituído como um fórum de debate. Este Comitê é responsável pela promoção de cursos de capacitação no segmento aeronáutico (FIESC, 2016).

7.4.1.4 Orientação à pesquisa

O Programa de Fomento à Certificação de Projetos de Aeronaves de Pequeno Porte (iBR2020) da ANAC (2015a), a nível nacional, é orientado ao desenvolvimento de projetos focados em aeronaves de pequeno porte, para que estas tenham mais condições de terem sucesso quando submetidos a uma certificação.

A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) atua como fonte de financiamento de pesquisas focadas. Um exemplo é a tentativa da Novaer Craft (2015) em conseguir o financiamento para subvenção econômica do Projeto T-Xc, que deverá ser produzido pela fábrica de Santa Catarina. Apesar dos recursos do FINEP terem sido aprovados, ainda de acordo com a Novaer, esta se encontra inviabilizada a prosseguir devido à exigência da carta de fiança bancária como garantia que não foi obtida pelo fato da empresa ser pré-operacional.

Outro fator que influencia a orientação da pesquisa são as normas para a indústria aeroespacial, baseadas na ISO 9001, da série AS/EN 9100, que trata da gestão de qualidade em projeto, desenvolvimento, produção e manutenção na área aeronáutica. São elas: AS/EN 9100, AS/EN 9110, AS/EN 9120 e AS/EN 9003. Outras certificações relacionadas ao setor são a ISO 14.001, de gestão ambiental, e a *Occupational Health and Safety Management System* (Sistema de Gerenciamento da Saúde Ocupacional e Segurança) – OHSAS 18.001 (2015). A Embraer possui todas essas certificações (EMBRAER, 2015) na área de projeto, produção e serviços relacionados a aeronaves e componentes.

A ANAC também influencia o processo de orientação a pesquisa no que tange ao processo de certificação. A agência exige, por exemplo, o Certificado de Tipo para aeronaves, motores e hélices; Certificado de Aeronaves categoria transporte (ANAC, 2015b). A ANAC possui também a Superintendência de Aeronavegabilidade (SAR), que tem a função de certificar o projeto, produção, manutenção e produtos aeronáuticos da aviação civil brasileira. Além disso, a ANAC é

responsável pela legislação aeronáutica, que abrange os Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil e de Homologação Aeronáutica – RBAC e RBHA. Outras autoridades aeronáuticas certificadoras, internacionalmente conhecidas, da área militar, são o DCTA e o IFI.

Outras certificações que podem influenciar a orientação à pesquisa são as da Administração Federal de Aviação (*Federal Aviation Administration* – FAA), dos EUA, e a da Agência Europeia de Segurança de Aviação (*European Aviation Safety Agency* – EASA), da Europa. Ambas as organizações regulamentam a aviação civil na sua região de atuação. Como colocado por Lima *et al.* (2005), o setor aeronáutico é altamente regulado pelas autoridades nacionais e internacionais e apresentam um processo de certificação rigoroso e demorado, podendo levar até 4 anos para a certificação de um projeto completamente original.

Outro aspecto relacionado a orientação à pesquisa é a iniciativa da FIESC, que tem desenvolvido *foresights* para a indústria e foi a responsável por identificar a carência do setor no estado. Além disso, o Comitê de Desenvolvimento da Indústria Aeronáutica é um dos principais responsáveis por influenciar a orientação à pesquisa no setor em Santa Catarina, uma vez que este promove as discussões a respeito das ações (FIESC, 2013e).

7.4.1.5 Formação de mercado

Não foram identificadas políticas de incentivo nacionais para o desenvolvimento de nichos de mercado como o de veículo aéreo não tripulado (VANT) e desenvolvimento de tecnologias para a área agrícola, ambos apontados pela ANAC como nichos de mercado no Brasil e, consequentemente, em Santa Catarina. Outros potenciais nichos de mercado, também pouco explorados, são no desenvolvimento de linhas de transmissão e softwares aeronáuticos.

Em relação às políticas para desenvolvimento da indústria no estado, os empresários apontam a falta de incentivos a indústrias. Estes apontam o excesso de burocracia de programas como o BNDES, como a principal barreira para a formação de mercados.

Há um programa de cunho nacional que abrange políticas industriais, tecnológicas e de comércio exterior para aumentar a eficiência produtiva das empresas nacionais e a agregação de valor para o país: o Plano Brasil Maior (2014). Este visa a ampliação e criação de novas competências tecnológicas e de negócios, aproveitando oportunidades ambientais e de negócios. A nível estadual pode-se citar, novamente, o programa Inova@SC. Este pode se apresentar apoio importante à

formação de mercado no setor aeronáutico. Além disso, o Comitê de Desenvolvimento da Indústria Aeronáutica pode influenciar a formação de mercado no que tange aos incentivos às novas tecnologias, são responsáveis por incentivar a criação de novas tecnologias e formação de novos nichos de mercado no estado (FIESC, 2016).

A nível internacional, novos padrões ambientais, como o Protocolo GHG (2016), para diminuição dos gases de efeito estufa pode influenciar a formação de mercado no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias mais ecológicas.

7.4.1.6 Mobilização de recursos

Há iniciativas educacionais para formação de capital humano para a área aeronáutica em Santa Catarina, bem como os cursos de Engenharia Aeroespacial da UFSC e o curso de técnico em manutenção de aeronaves (para aviônicos, célula e grupo moto propulsor) do SENAI. Porém, os empresários apontam que, mesmo que tenham cursos preparatórios para formação de pessoas, o setor aeronáutico depende muito de profissionais com experiência e, dessa forma, surge a necessidade de qualificar de forma prática esses novos profissionais.

Muitos empresários apontam para a falta de mão de obra qualificada para atuar na indústria aeronáutica, e acabam contratando engenheiros estrangeiros. De acordo com a ANAC, o iBR2020 também foi criado para desenvolver profissionais qualificados na área de desenvolvimento de projetos de aeronaves (ANAC, 2015a).

Outro fator que influencia a mobilização de recursos para a indústrias aeronáutica é o Plano Brasil Maior (2014) que, como já mencionando na subseção 6.4.1.4, prevê a ampliação de incentivos fiscais e facilitação de financiamentos.

7.4.1.7 Criação de legitimidade

São poucas as atividades relacionadas à criação de legitimidade ao setor aeronáutico em Santa Catarina. Em Santa Catarina, uma das principais instituições capazes de trazer legitimidade ao setor é a FIESC, que tem sido apontada por empresários e especialistas como a articuladora da voz da indústria aeronáutica. Esta tem atuado no desenvolvimento de pesquisas sobre a indústria e buscado a integração Universidade, indústria e governo. Em 2014, a federação operacionalizou as Rota Estratégica Setorial Aeronáutica.

O apoio do empresário César Olsen também tem se tornado essencial para a criação da legitimidade do setor em Santa Catarina. Este, em parceria com Marcos Hollerwegwer, representante do SENAI-SC, fomentou a abertura da Escola de Aviação do SENAI na cidade de Palhoça (FIESC, 2013a). Olsen também tem acompanhando as obras para ampliação do aeroporto Hercílio Luz, em Florianópolis, a fim de melhorar a infraestrutura aeronáutica na capital do estado. Além disso, este tem intermediado o contato com Timoty Archer, presidente e maior acionista de 8 empresas do setor de aviação dos Estados Unidos, que tem apresentado interesse em instalar uma fábrica em Santa Catarina.

7.4.2 Analisar tendências

As tendências encontradas para a indústrias aeronáutica estão descritas no Apêndice C.

7.4.3 Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema

No *workshop* 1, houve a avaliação dos resultados da análise das funções da indústria aeronáutica por parte dos participantes. Assim, avaliaram-se as principais evidências de que a indústria se encontra na fase de formação.

7.5 DEFINIR A VISÃO E OS MECANISMOS DO SISTEMA

7.5.1 Workshop 2 – Construir a visão

Como resultado do *workshop* 2, além da relação de frases que definissem a visão de futuro de cada indústria, foi possível identificar 3 macrotendências intersetoriais dos setores no estado, no Brasil e no mundo, que já influenciam e devem influenciar as estratégias das indústrias emergentes:

- Alternativas de mobilidade;
- Sustentabilidade;
- Aproximação entre empresas, governo e universidades.

A análise das tendências em conjunto com os resultados referentes à análise da funcionalidade de cada um dos sistemas de inovação levou às seguintes visão de futuro para a indústria aeronáutica:

- Setor aeronáutico catarinense reconhecido pela formação de recursos humanos especializados, desenvolvimento tecnológico e fabricação de aeronaves de pequeno porte.

7.5.2 Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio

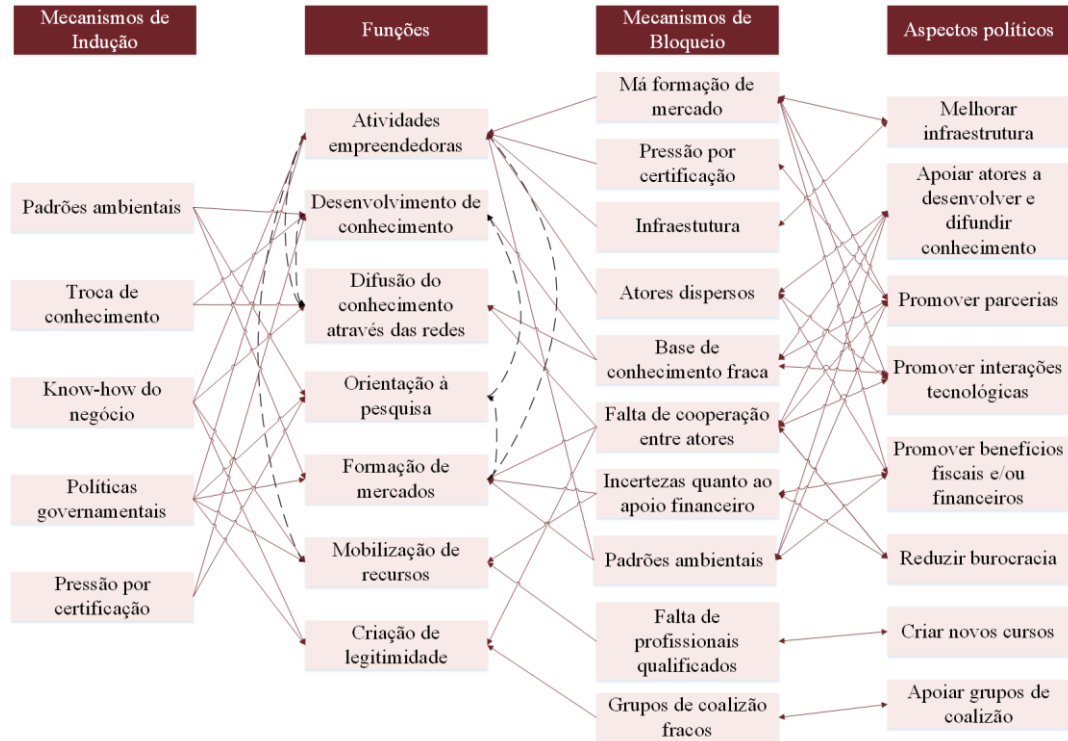
A Figura 25 resume os mecanismos de indução e bloqueio da indústria aeronáutica. Assim, para esta indústria foram apontados cinco mecanismos de indução: troca de conhecimento, pressão por certificação, políticas governamentais, padrões ambientais e *know-how*. Os mecanismos de indução influenciam a troca de conhecimento entre os atores do sistema de inovação, o que impacta o desenvolvimento e a difusão do conhecimento na rede. A pressão pela certificação e as regulações ambientais induzem as empresas positivamente a desenvolver conhecimento, impactando a orientação a pesquisa e, conseqüentemente, o desenvolvimento do conhecimento. A pressão pelos padrões ambientais também influenciam o formação de mercado no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias ambientais. As políticas governamentais oferecem recursos e incentivos, o que impulsiona atividades empreendedoras, orientação à pesquisa, formação de mercado, mobilização de recursos e favorece a criação de legitimidade para a indústria. O *know-how* dos empreendedores atuantes no setor aumenta o estoque de capital humano e atua no desenvolvimento de atividades empreendedoras. No caso da indústria aeronáutica, o business know-how tem influenciado a criação de legitimidade para o setor e a difusão do conhecimento para a rede.

Em relação aos mecanismos de bloqueio da indústria aeronáutica, foram indicados a má formação de mercado, falta de infraestrutura e a dispersão dos autores impactam negativamente as atividades empreendedoras. O não atendimento dos padrões ambientais dificulta tanto a formação de mercado, no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias, quanto as atividades empreendedoras, pois, juntamente com a pressão pela certificação, podem inibir novos entrantes. A fraca base de conhecimento da indústria aeronáutica, cuja tecnologia é também majoritariamente importada, impacta o desenvolvimento e a difusão do conhecimento na rede. Além disso, a falta de cooperação entre os autores impacta o desenvolvimento do conhecimento, formação de mercado e criação de legitimidade. As incertezas quanto ao apoio financeiro, caracterizada pelo excesso de burocracia, bloqueia a formação de mercado e mobilização de recursos. Esta última também sofre influência

negativa devido à falta de mão-de-obra especializada. Os padrões ambientais, que também podem atuar na indústria como fator indutor, podem inibir novos entrantes, impactando as atividades empreendedoras.

Em relação às interdependências entre as funções, uma má formação de mercado afeta negativamente o desenvolvimento de atividades empreendedoras e orientação à pesquisa. Uma orientação à pesquisa fraca dificulta o desenvolvimento de conhecimento. O fraco desenvolvimento de atividades empreendedoras impacta negativamente a mobilização de recursos, o desenvolvimento do conhecimento e a difusão deste na rede.

Figura 25 - Mecanismos de indução e bloqueio e aspectos políticos da indústria aeronáutica.



Fonte: autora (2015).

7.6 ESPECIFICAR AS POLÍTICAS CHAVES

7.6.1 Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave

No *workshop* 4, os participantes elaboraram estratégias de curto, médio e longo prazos que fortalecessem os mecanismos indutores do sistema e enfraquecesse os mecanismos de bloqueio identificados através das visões, a fim de gerar o *roadmap*. As questões políticas chave para a indústria aeronáutica estão representadas pela quarta coluna da Figura 25. Foram identificadas oito políticas públicas que devem ser consideradas para a elaboração das estratégias que gerarão o *roadmap* do setor aeronáutico.

Assim, tem-se as seguintes políticas:

- Promover parcerias: incentivar a formação de parcerias a fim de desenvolver mercados, induzir o desenvolvimento de pesquisas e parcerias entre atores dos sistemas;
- Promover incentivos financeiros e fiscais: conceder incentivos fiscais e financeiros a fim de estimular o desenvolvimento de mercados, incentivar novas tecnologias e o desenvolvimento de estudos e pesquisas;
- Melhorar infraestrutura: melhorar a infraestrutura para estimular a formação de mercados;
- Apoiar os atores do sistema no aumento e na difusão do conhecimento: incentivar o desenvolvimento de pesquisas e a difusão do conhecimento entre os atores da cadeia;
- Promover interações tecnológicas: promover a aproximação dos atores dos sistemas a fim de promover o desenvolvimento de estudos em novas tecnologias;
- Reduzir a burocracia: desburocratizar os processos a fim de incentivar a formação de mercado;
- Criar novos cursos: criar novos cursos a fim de desenvolver mão de obra qualificada e expandir a oferta de cursos nos setores automotivo, aeronáutico e ferroviário;
- Apoiar grupos de coalizão: formar alianças a fim de criar grupos de interesse e incentivar novas tecnologias.

7.7 CONSTRUIR O ROADMAP

A seguir serão descritos as principais estratégias elaboradas para a indústria aeronáutica, em relação a cada função do sistema de inovação. O TRM final pode ser visualizado na Figura 26. Os detalhes do TRM para a indústria aeronáutica encontram-se no Apêndice F.

7.7.1 Atividades empreendedoras

Para primeira função foram identificados cinco aspectos atuais. O primeiro refere-se à falta de empresas especializadas em produtos de alto valor agregado para a indústria aeronáutica. As estratégias elencadas foram a promoção de visitas técnicas e a criação de linhas de investimento para incentivar novas atividades empreendedoras. No longo prazo, foi sugerido a criação de um cluster integrando a cadeia produtiva desses produtos. O segundo aspecto atual é a falta de empresas de fuselagem, sistemas embarcados e componentes. Para isto, foi proposta a criação de linhas de investimento para incentivar a criação de empresas neste setor para, futuramente, formar um cluster integrando a cadeia e formar uma joint venture a nível internacional. O terceiro aspecto atual identificado é relativo às barreiras infraestruturais, que limitam novos entrantes. Para isso, foi proposta a elaboração de projetos para expansão da infraestrutura aeronáutica. Outra barreira encontrada é a mercadológica. As estratégias sugeridas para este quarto aspecto envolve a criação de incubadoras e aceleradoras focadas na indústria aeronáutica e a criação de um laboratório para desenvolvimento de pesquisas. O último aspecto relacionado às atividades empreendedoras relaciona-se às iniciativas experimentais que estão sendo desenvolvidas no estado, focadas em aviões de pequeno porte. Para alavancar esse aspecto, foi proposta a criação de linhas de investimentos e, em um segundo e terceiro momentos, a promoção de encontros nacionais e internacionais e o desenvolvimento de protótipos de aviões de pequeno porte.

7.7.2 Desenvolvimento do conhecimento

Em relação à segunda função do sistema de inovação, foram identificados dois aspectos atuais. O primeiro está relacionado à fraca base de conhecimento atual da indústria aeronáutica no estado. Para isto, foi proposto o mapeamento da base de conhecimento catarinense e brasileira para, futuramente, desenvolver um parque tecnológico em SC. O segundo aspecto identificado está relacionado à macrotendência

“sustentabilidade”. Neste sentido, foi identificada a falta de estudos sobre controle de emissão de poluentes e fontes de energias alternativas. As propostas envolvem o oferecimento de benefícios fiscais e a criação de centros de P&D&I focados nesses dois aspectos.

7.7.3 Difusão do conhecimento na rede

Foram identificados cinco aspectos atuais conexos à difusão do conhecimento através da rede no setor aeronáutico. O primeiro aspecto está relacionado a macrotendência “aproximação entre empresas, governo e universidades”. Foi proposta a criação de rede de interação tecnológica entre esses três atores para que, futuramente, essas parcerias formassem centros compartilhados de P&D para o desenvolvimento de pesquisas e projetos para o setor aeronáutico. O segundo aspecto identificado está relacionado à participação de representantes do setor aeronáutico catarinense em eventos internacionais. A fim de incentivar este aspecto, foi proposto o desenvolvimento de eventos nacionais com players da indústria aeronáutica brasileira. Em um segundo momento, propõe-se o desenvolvimento de um centro de P&D compartilhado em SC para o desenvolvimento de soluções tecnológicas para o setor.

7.7.4 Orientação à pesquisa

Quanto à orientação a pesquisa, foram identificados dois aspectos atuais: aumento da pressão por certificação e esforços em *foresight*. As estratégias sugeridas para o primeiro aspecto envolvem encorajar as indústrias a se adaptarem a esses padrões, assinar acordos com centros de certificação internacionais e criar laboratórios de certificação. Para o segundo aspecto, foi proposto o desenvolvimento de um plano diretor para implementar as ações traçadas pelo *roadmap*.

7.7.5 Formação de mercado

Em relação à formação de mercados, foram identificados cinco aspectos atuais. O primeiro corresponde a falta de incentivos fiscais e financeiros para pesquisas. A estratégia sugerida para este aspecto é a definição de um pacote de incentivos fiscais para incentivar a criação de laboratórios de P&D. O segundo aspecto é o excesso de burocracia para conseguir o apoio de programas de incentivo. Para isto, foi proposto a redução da burocracia de acesso a recursos de P&D e de formação de parcerias público privadas. O terceiro aspecto refere-se à falta de

incentivos para desenvolver o nicho de mercado de VANT. As sugestões envolvem formar coalizões e fazer lobby para conseguir recursos para este nicho de mercado. Em um segundo momento, propõe-se a criação de laboratórios em parceria com universidades para desenvolver tecnologias para este nicho. A falta de incentivos para o desenvolvimento de tecnologia aeronáutica para agricultura é o quarto aspecto encontrado relativo à formação de mercado. Para isto, foi sugerido o mapeamento das soluções aeronáuticas existentes para a indústria aeronáutica e a definição de um pacote de incentivos fiscais que encoraje novos entrantes. Por fim, identificou-se o aumento da pressão de novos padrões ambientais, também relacionados à macrotendência “sustentabilidade. As estratégias sugeridas envolvem a definição de um pacote de incentivos fiscais para apoiar o desenvolvimento de pesquisas de novas tecnologias ambientais para, posteriormente, viabilizar a criação de laboratórios em parcerias com universidades.

7.7.6 Mobilização de recursos

Para a sexta função, foram identificados quatro aspectos atuais. O primeiro relaciona-se a dificuldade em conseguir apoio financeiro. As estratégias propostas envolvem a redução da burocracia de acesso e a criação de fundos de financiamento. Além disso, propõe-se a criação de editais de apoio a projetos de P&D.

O segundo aspecto relaciona-se à falta de profissionais especializados em serviços para a indústria aeronáutica. Para isto, propõe-se o desenvolvimento de um estudo para identificar as deficiências de treinamento para, posteriormente, criar cursos para suprir essas lacunas.

O terceiro aspecto elencado é o surgimento de cursos focados na indústria aeronáutica, tais como o curso de Engenharia Aeronáutica da UFSC e o curso técnico em manutenção espacial criado pelo SENAI. Para este aspecto, os especialistas sugeriram a expansão das vagas e de demais cursos para a indústria aeronáutica, além da criação de cursos de pós-graduação e especialização, em um segundo momento.

Por fim, identificou-se a falta de profissionais especializados no design aeronáutico. Foi proposto para suprir esse aspecto, a criação de cursos focados em design aeroespacial e, de médio a longo prazo, a criação de centros de P&D para desenvolver projetos focados nesse aspecto.

7.7.7 Criação de legitimidade

Quanto à criação de legitimidade para a indústria, foi identificado dois aspectos: a falta de grupos de coalizão para fortalecer e apoiar a indústria aeronáutica e os esforços que estão para trazer legitimidade ao setor. Uma das estratégias propostas para o primeiro aspecto é encorajar a interação entre os setores público e privado. Em um segundo e terceiro momentos, sugere-se a consolidação da FIESC como articuladora da indústria aeronáutica e a criação de uma câmara setorial, respectivamente. Para o segundo aspecto, foi proposto apoiar o financiamento de ações empreendedoras para projetos experimentais, expandir a cultura aeronáutica e criar uma associação profissional do setor no estado.

Figura 26 - TRM para a indústria aeronáutica.



Fonte: autora (2016).

7.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A indústria aeronáutica catarinense encontra-se em uma fase emergente no estado. Analisando a sua funcionalidade, identifica-se a falta de atores, redes e instituições no sistema que levem esta indústria a ser competitiva. Tendo mapeado a funcionalidade, foi possível identificar os principais aspectos que bloqueiam e induzem o sistema aeronáutico atualmente. Pode-se citar como principais mecanismos bloqueadores, a má formação de mercado, falta de infraestrutura, dispersão dos atores, base de conhecimento fraca, falta de profissionais qualificados, grupos de coalizão fracos, falta de apoio financeiro, entre outros. Entre os mecanismos que induzem o sistema, pode-se mencionar a troca de conhecimento, políticas governamentais, padrões ambientais e pressão por certificação.

Após analisar esses mecanismos, foi possível identificar os principais aspectos políticos que podem influenciar o sistema aeronáutico, tendo em vista a diminuição do impacto dos fatores que o bloqueia e o fortalecimento daqueles que o induz. Essas políticas foram traduzidas em estratégias, as quais focam os fatores indutores e bloqueadores do sistema, identificados por meio do mapeamento das funções. Assim, foi gerado o gráfico final do *roadmap*, relacionando no eixo vertical as funções do SI e, no eixo horizontal, o período considerado.

8 ISF DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA

Este capítulo apresenta os resultados da condução dos procedimentos metodológicos proposto para o caso da indústria ferroviária. Assim, são apresentados os principais aspectos que influenciam a funcionalidade do sistema setorial ferroviário e os fatores políticos que podem alavancar seu desenvolvimento no longo prazo.

Particularmente, a subseção 8.1 faz uma breve contextualização da indústria. Em seguida, dos itens 8.2 a 8.7, apresenta-se uma descrição dos resultados do passo a passo da aplicação do método. Por fim, na subseção 8.8 são feitas as considerações finais do capítulo.

8.1 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO SETOR

Em 1814, George Stephenson apresentou a sua primeira locomotiva, dando início à era das ferrovias. Stephenson foi apoiado por empresários ingleses, que necessitavam de transportar suas mercadorias, e foi o responsável, juntamente com seu filho, pela fundação da primeira fábrica de locomotivas (DNIT, 2014). O transporte ferroviário foi o catalisador da transformação econômica do século XIX e se manteve como o meio de transporte mais importante até a década de 1930 (CNT, 2013). No século XIX, a expansão das ferrovias ocorreu de forma simultânea em diferentes países, acompanhando principalmente a necessidade inglesa de expandir o mercado para seus produtos e a revolução industrial (VENCOVSKY, 2011). Neste período, as ferrovias foram fundamentais para a comercialização de manufaturas e circulação de matérias-primas na Europa e, em outros países de industrialização mais tardia, os corredores ferroviários foram essenciais para a alavancagem econômica (CNT, 2013).

Até a década de 1970, a maior parte das ferrovias no mundo era gerida por algum órgão público, o que já era de se esperar devido aos altos custos de implantação e manutenção (CNT, 2013). Porém, em decorrência da influência da administração pública que o setor estava passando, a indústria ferroviária ficou marcada pelo excesso de burocracia, interesses conflitantes e informações assimétricas, que reduziam a eficiência econômica e comprometia uma parcela considerável do orçamento governamental. Em 1980, o modelo de operação global das ferrovias passou então a ser revisto, sendo que muitos países introduziram a gestão privada na malha ferroviária e fizeram reformas na estrutura regulatória do setor.

O cenário intencional do setor ferroviária é caracterizado pela presença de poucos grupos industriais, que oferecem desde frotas a sistemas e serviços de manutenção e financeiros (IACONO *et al.*, 2012). Assim, esta indústria enfrenta fortes barreiras de entrada, de natureza produtiva e tecnológica.

Um dos marcos do setor ferroviário no Brasil se deu com a instalação da estrada de ferro idealizada por Irineu Evangelista (Barão de Mauá), em 1852. A estrada de ferro fazia a ligação entre o Porto de Estrela, na Baía de Guanabara, a Raiz da Serra, em Petrópolis e tinha 18 km de extensão (CNT, 2011b).

Vencovsky (2011), com base nos diferentes objetivos, prioridades de investimento, produtos transportados, controle da operação do sistema, relação das ferrovias com as cidades e produção agrícola, determina quatro momentos da indústria ferroviária brasileira:

- Primeiro momento (1835-1959) – Criação e expansão do sistema ferroviário: este momento foi caracterizado por um período de expansão das ferrovias, contribuindo para a formação das cidades e urbanização. O principal produto transportado era o café e o controle das ferrovias e os investimentos em novas linhas eram principalmente de cunho privado;
- Segundo momento (1957-1996) – Estatização, readequação e estagnação: a situação do sistema ferroviário passava por uma readequação. A prioridade dos investimentos não era mais ferroviário, mas sim rodoviário. As ferrovias passaram a ser vistas como um obstáculo para as cidades e o controle das ferrovias e investimentos em novas linhas eram de cunho principalmente estatal. O principal produto transportado era o minério;
- Terceiro momento (1996-2007) – Desestatização e recuperação seletiva: este período foi marcado pela reestruturação do sistema ferroviário. As cidades passaram a ser vistas como obstáculos às ferrovias e o controle das ferrovias e investimentos em novas linhas foram de cunho estatal e privado. As prioridades de investimento voltaram a incluir o modal ferroviário. Os principais produtos transportados eram minério e soja;
- Quarto momento (2007-atual) – Expansão orientada ao agronegócio: este período se caracteriza pela expansão do sistema ferroviário, cuja prioridade dos investimentos voltou-se às ferrovias e para a intermodalidade. As cidades ainda são consideradas obstáculos às ferrovias e o controle das ferrovias e

investimentos em novas linhas continuam sendo privado e estatal. Os principais produtos transportados são minério, soja e combustíveis.

As principais características do modal ferroviário são (CNT, 2013):

- Alta capacidade de carregamento, principalmente em relação a cargas de alta tonelagem;
- Estrutura de cursos da infraestrutura exigem períodos de reposição dos componentes relativamente longos;
- Menores custos ambientais devido a menor emissão de poluentes das locomotivas e menor impacto na construção da infraestrutura;
- Menor risco de acidentes envolvendo terceiros, o que reduz os custos sociais.

Por outro lado, de acordo com dados do IPEA (2010), os principais gargalos encontrados no setor ferroviário no Brasil são:

- Indisponibilidade de rotas, devido a inexistência de terminais de transbordo e falta de capacidade das linhas ferroviárias existentes;
- A baixa disponibilidade de vagões aumentam os custos e reduzem a flexibilidade das operações;
- Altos custos de investimento;
- Existência de construções irregulares próximas às ferrovias;
- Excesso de passagens em nível na transposição de cidades;
- Capacidade limitada de escoamento dos portos.

Tendo em vista a cobertura desses gargalos e a tentativa de fomentar o setor ferroviário no Brasil, alguns planos de investimento foram desenvolvidos. Os principais são o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), o PNLT (Plano Nacional de Logística e Transporte) e a Agenda Estratégica da ANFT (VENCOSKY, 2011). O primeiro visa promover o crescimento econômico. O segundo baseia-se em projeções econômicas e demanda por transportes de carga para indicar onde devem ocorrer os investimentos. Por fim, a Agenda Estratégica representa os interesses das concessionárias do setor ferroviários para melhoria do setor.

De acordo com Marchetti e Dalto (2014), a indústria brasileira de equipamentos ferroviários é diversificada e capaz de atender as necessidades futuras do setor, que cresceu cerca de 5% ao ano entre 2003 e 2013. Segundo os autores, apesar de não haver perspectiva de desenvolvimento de tecnologia disruptiva, o setor ferroviário

desempenha o desenvolvimento inovativo de vagões e fabricação de locomotivas eficientes e menos poluentes. Por outro lado, o país encontra dificuldade em se inserir nos setores de sistemas eletrônicos de controle de operação ferroviário e trilhos, devido principalmente a falta de escala de produção e pela competição com fornecedores globais.

A densidade de transporte ferroviário no Brasil é muito baixa, quando comparado com outros países de grandes dimensões territoriais, como Rússia, Estados Unidos e Canadá (IPEA, 2010). O país possui 3,5 km de infraestrutura por 1000 km² de área, contra 22,9 dos Estados Unidos; 19,5 da Índia; 9,0 da China; 5,1 da Rússia; e 4,7 do Canadá (CNT, 2011b). O transporte ferroviário, além de ser pequeno, ainda é concentrado em algumas cargas (IPEA, 2009).

De acordo com “a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, o material rodante brasileiro, constituído de equipamentos para a formação das composições ferroviárias, contabilizava ao final de 2009 um total de 92.890 vagões de carga e 2.876 locomotivas” (CNT, 2011a, p. 20). Em 2010, a movimentação de cargas pelo sistema ferroviário correspondia a 21% da matriz de transporte de carga brasileira. “As maiores concentrações de vias férreas nacionais estão situadas nos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro” (CNT, 2011a, p. 20). O sistema ferroviário brasileiro contava, em 2011, com 30 mil km de extensão, composto por 11 malhas privadas e 1 pública (CNT, 2011b).

De acordo com a ABIFER (2015), a produção de carros de passageiros, vagões e locomotivas em 2014 foi de 374, 4.703 e 80, respectivamente. Em relação à exportação, também em 2014, foram exportados o total de 60 carros de passageiros, 10 vagões e 5 locomotivas.

Quanto aos principais produtos transportados pelas ferrovias, em 2013, tem-se a participação do minério e carvão mineral em 75,71%, contra 14,86% de agronegócio; 3,77% de produtos siderúrgicos; 2,79% de derivados do álcool; e 0,57% da construção civil (VILAÇA, 2014). Ainda segundo o autor, a previsão é de haja o crescimento de 12,5% na Movimentação de Carga Transportada entre 2014 e 2016, para o total de 550 milhões de toneladas úteis (TU). Em 2013, esse valor foi de 490 milhões de TU.

Em Santa Catarina, a implantação das principais ferrovias ocorreu no final do século XIX e primeiras décadas do século XX com o objetivo principal de escoar a produção para os portos costeiros e mercados consumidores do sudeste (ROCHA; BARBOSA; CABRAL, 2009). Assim, no início do século XX houve a instalação da primeira ferrovia do estado, a FTC, que fazia o escoamento de jazidas de carvão na região de

Tubarão e Criciúma. Rocha, Barbosa e Dolejal (2010) destacam que a partir da década de 1930, como resultado das mudanças políticas e econômicas e a preferência pelas rodovias, os investimentos no setor ferroviário diminuíram no estado.

Os dados da indústria ferroviária catarinense são apresentados pelo CNAE 30, citado anteriormente juntamente com a indústria aeronáutica. Atualmente, a extensão total da malha ferroviária no estado é de 1.393 Km (CNT, 2014) e está ligada à malha brasileira pelos portos de Paranaguá e Rio Grande (FIESC, 2014a). A concessão ferroviária no estado é da Ferrovia Tereza Cristina (FTC) e da empresa América Latina Logística (ALL), com o Ramal São Francisco e Tronco Sul.

Santa Catarina apresenta uma das menores malhas ferroviárias do Brasil em relação a capilaridade, apesar de ter um papel importante no escoamento de commodities agrícolas pelo Porto de São Francisco e produtos industrializados (ROCHA; BARBOSA; CABRAL, 2009).

A fim de dinamizar o escoamento da produção agrícola de oeste a leste de Santa Catarina e trazer o modelo europeu de transporte multimodal, está em fase de execução o Corredor Ferroviário de Santa Catarina (BRASIL, 2014b). A Ferrovia do Frango, como também é conhecida fará a ligação entre o município de Dionísio Cerqueira, ao extremo oeste catarinense, ao Porto de Itajaí (VALEC, 2015). A configuração da ferrovia permitirá o escoamento da produção não só no Porto de Itajaí, mas também nos Portos de Paranaguá e Rio Grande, localizados nos estados do Paraná e Rio Grande do sul, respectivamente, como ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Trecho Itajaí - Herval D'Oeste - São Miguel do Oeste - Dionísio Cerqueira.



Fonte: VALEC (2015).

8.2 DEFINIR O OBJETIVO DO FORESIGHT E DO SISTEMA

8.2.1 Definir o objetivo do foresight

O objetivo do desenvolvimento do ISF setorial para os setor ferroviário de Santa Catarina foi ampliar a competitividade deste, identificando visões de futuros até 2022 e o caminho mais provável de atingi-las, promovendo a articulação de partes interessadas.

8.2.2 Definir o sistema

O sistema de inovação setorial compreendeu as subseções 30.3 e 30.9 descritas pelo CNAE 30 (vide seção 5.2.2.1).

8.2.3 Definir os componentes estruturais

Devido à fase de formação da indústria em análise, houve dificuldade em identificar claramente aqueles atores, redes e instituições que influenciam fortemente a indústria ferroviária. Dessa forma, será comentado, de forma genérica, aqueles que estão presentes nesta fase da indústria atualmente.

Quanto aos atores da indústria ferroviária, o estado de Santa Catarina é caracterizado pela presença de poucas empresas atuantes no setor. Pode-se citar como ator atuante, a FIESC, por ser a representante das indústrias no estado. Entre outros autores, podem-se citar sindicatos e agências reguladoras. Algumas universidades e institutos de pesquisa do estado atuam como atores do sistema, mas ainda não possuem papel de destaque.

Quanto às redes do sistema ferroviário, identificaram-se também as relações entre os fornecedores de diferentes níveis da cadeia de suprimentos e entre empresas e sindicatos. A rede universidade indústria pouco influencia o sistema atualmente.

Observou-se que faltam instituições de interesse nos sistemas, principalmente por estes ainda se encontrarem em fase formativa. A ANFT é uma das agências responsáveis pela regulação do setor.

8.3 PLANEJAR O ROADMAP

A. Planejamento

a) Definir o foco, escopo e objetivo

O *roadmap* automotivo objetiva identificar as oportunidades e os requisitos chaves que levariam ao desenvolvimento do setor ferroviário.

b) Definir a arquitetura do *roadmap*

A arquitetura do *roadmap* ferroviário corresponderia a um planejamento de longo prazo de formato multicamadas. A camada vertical corresponderia ao período do *foresight* e as camadas horizontais seriam representadas pelas funções do sistema de inovação.

c) Definir o processo

O *roadmap* ferroviário seria resultante dos 4 *workshops* com especialistas do setor.

d) Definir os participantes

Os participantes para a construção do *roadmap* ferroviário envolveriam *stakeholders* e especialistas do setor.

e) Definir a logística e preparar

A logística e preparação envolveriam as atividades de identificação do local de realização dos workshops bem como o envio dos convites aos *stakeholders* do setor ferroviário.

B. Workshops

- a) *Workshop 1* – acessar a funcionalidade do sistema setorial ferroviário e definição dos objetivos do processo.
- b) *Workshop 2* – construir a visão da indústria ferroviária.
- c) *Workshop 3* – identificar os mecanismos de bloqueio e indução.
- d) *Workshop 4* – especificar os aspectos políticos chave.

C. Revisão

- a) Construir o *roadmap*

Corresponderia construção do *roadmap* ferroviário.

8.4 MAPEAR FUNÇÕES E TENDÊNCIAS

8.4.1 Mapear o padrão funcional do sistema de inovação

De acordo com a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF, 2015a), o serviço ferroviário em Santa Catarina conta com duas concessionárias: a América Latina Logística (ALL) e a Ferrovia Tereza Cristina S.A. (FTC). A ALL nasceu em 1997, com o nome de Ferrovia Sul Atlântico, com o direito exclusivo de explorar a malha nos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande Sul (ALL, 2015). A ALL conta com 1.201 Km de extensão no estado catarinense, sendo que estão em operação 581 Km, utilizados no transporte de grãos, madeira e carga geral, de acordo com a Secretaria de Estado de Infraestrutura de Santa Catarina (SIE, 2015).

A FTC, por sua vez, foi criada também em 1997 e conta com 164 Km de extensão, operando na interligação do sul de Santa Catarina com o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, em Capivari de Baixo, e ao Porto de Imbituba (FTC, 2015). Ainda de acordo com a empresa, os principais itens transportados pela FTC são o carvão mineral, que abastece as usinas do complexo termelétrico, além de contêineres com destino a cabotagem e exportação no porto de Imbituba.

8.4.1.1 Atividades empreendedoras

Há pouca atividade empreendedora em Santa Catarina na área ferroviária. As duas empresas atuantes são ALL e FTC, ambos focados no transporte de cargas. Não foi identificada nenhuma atividade empreendedora no que tange a transporte de passageiros no estado,

principalmente por este ser caro e complexo, como relatado pela FTC. Além disso, especialistas e empresários apontam a falta de empresas especializadas na prestação de serviços para a indústria ferroviária, destacando-se empresas projetistas e de manutenção máquinas, vagões e ferrovias. Há, no entanto, a atuação de pequenos empreendedores bem sucedidos, especializados no mercado de manutenção e recuperação de equipamentos.

Há pouca atividade empreendedora relacionada à produção de componentes e desenvolvimento de sistemas para a indústria ferroviária em Santa Catarina. A WEG oferece soluções em tração ferroviária e é uma empresa em potencial para desenvolver novos negócios para a indústria ferroviária. No Brasil, em 2013, das importações de material rodante, mais de 50% correspondeu a peças e componentes (VAZ *et al.*, 2014). Isto indica a dependência do país sobre peças e componentes importados.

Empresários e especialistas apontam que, apesar do potencial de expansão da indústria ferroviária, que representaria ganhos em capacidade, segurança e redução do custo do transporte, a entrada de novos players no mercado enfrenta grandes barreiras. Entre os principais fatores de impedimento, encontram-se os altos custos de investimento, falta de uniformidade legislativa e excesso de burocracia (ANTT, 2011), além da histórica carência de investimentos do governo na ampliação da rede metroviária (ANTT, 2014).

8.4.1.2 Desenvolvimento do conhecimento

A WEG tem criado conhecimento através de pesquisas e prática em tração metroferroviária. Além disso, a empresa tem desenvolvido projetos de tecnologia dos equipamentos auxiliares e conversores para locomotivas em parceria com o SENAI.

Outras ações de desenvolvimento de conhecimento estão relacionadas aos programas ambientais das duas operadoras ferroviárias de Santa Catarina. A FTC (2015) desenvolve o Programa de Gestão Ambiental (PGA), que objetiva realizar o monitoramento e controle dos recursos naturais. Entre as ações realizadas pela empresa estão: gerenciamento de efluentes, controle de resíduos perigosos, emissão de resíduos e consumo de combustível. A ALL (2015), por sua vez, desenvolve estudos ambientais e análises de riscos das operações e promove ações como tratamento de efluentes líquidos, gerenciamento de resíduos sólidos, captação e utilização de água de chuva e utilização de dormentes ecológicos.

8.4.1.3 Difusão do conhecimento na rede

A difusão do conhecimento no setor ferroviário poderia ser mais bem aproveitada no estado, através de projetos de cooperação tecnológica entre universidade, governo e indústria. A interação entre as organizações públicas e privadas ainda é pouco explorado no estado, assim como retratado pela indústria automotiva e aeronáutica, o que dificulta a difusão do conhecimento.

Desde 2008 ocorre o Encontro ANTF de Ferrovias, de cunho nacional, com o objetivo de promover o intercâmbio de conhecimento entre empresas, universidades e órgãos reguladores do setor ferroviário. Em 2015 será realizada a quinta edição do encontro, que discutirá assuntos como segurança e produtividade da operação; material rodante; via permanente; sinalização; automação e tecnologia (ANTF, 2015b).

Outra iniciativa de difusão do conhecimento é o encontro nacional Brasil nos Trilhos, promovido pela ANTF e pela Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos (ANPTrilhos). Este evento conta com a participação de autoridades governamentais, acadêmicos, executivos e demais especialistas e tem como objetivo o debate das oportunidades e desafios para o setor (ANTF/ANPTrilhos, 2014).

Além destes dois encontros, ocorrem diversos outros eventos anuais, tanto nacionais quanto internacionais, que funcionam também como difusores do conhecimento no setor (ABIFER, 2015a). Em Santa Catarina, ocorre o Congresso Nacional das Engenharias da Mobilidade (CONEMB), que trata das engenharias de mobilidade no geral.

8.4.1.4 Orientação à pesquisa

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Ferroviária (ABIFER, 2015b), a tendência nos próximos anos relativa à orientação a pesquisa está atrelada aos direcionamentos de duas entidades internacionais: a Associação Americana de Ferrovias (*Association of America Railroads* – AAR), dos Estados Unidos, e a União Internacional de Ferrovias (*International Union of Railways* – UIC), da Europa. A AAR dispõe sobre normas relacionadas ao transporte de carga e a UIC as relacionadas ao transporte de passageiros.

Outras atividades relacionadas à orientação por pesquisa estão nos programas de padronização e normatização, tais como as ISO 9.000 (gestão da qualidade), ISO 14.000 (gestão ambiental) e ISO 18.000 (gestão de segurança e higiene ocupacional). De acordo com a ABIFER,

a questão sustentável ainda é atrasada no Brasil, pois não há exigência de certificação, sendo esta de cunho voluntário. Em Santa Catarina, a FTC possui a certificação ISO 14.000 e desenvolve o PGA (FTC, 2015). A ALL, por sua vez, desenvolve programas ambientais e está em processo de licenciamento ambiental, além de ser a primeira concessão ferroviária a receber a Licença de Operação Corretiva (ALL, 2015) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Em 2003, o governo federal lançou o chamado Plano de Revitalização das Ferrovias, com a finalidade de desenvolver e ampliar a indústria ferroviária no país, e incluiu neste o Programa de Resgate dos Transportes Ferroviários de Passageiros (ANTT, 2014). Em 2013, como resultado da criação deste programa e dos investimentos do governo através do Programa de Investimento em Logística (PIL, 2012), foi criado o Grupo de Trabalho de Trens de Passageiros, focado no desenvolvimento de pesquisas na área de transporte ferroviário de passageiros.

Outro aspecto relacionado a orientação à pesquisa é a iniciativa da FIESC, que tem desenvolvido *foresights* para a indústria e foi a responsável por identificar a carência do setor no estado.

8.4.1.5 Formação de mercado

Empresários e especialistas apontam como principais entraves para a formação de mercado o alto nível de tributação, falta de entendimento da legislação atual e erros em editais de concessão ferroviária.

O Plano Brasil Maior (2014), apesar de não destinar investimentos diretos para o setor ferroviário, afeta indiretamente a formação de mercado na indústria ferroviária (ANTF, 2015c). Neste sentido, pode-se citar a ampliação do Regime Tributário para Incentivo à Modernização e à Ampliação da Estrutura Portuária (REPORTO), focado em portos, pela Lei nº 11.774 de 17 de setembro de 2008. A Lei prevê a desoneração de máquinas e equipamentos ferroviários de impostos, tais como IPI, PIS/Pasep, Confins e o imposto de importação, no caso de não haver similares no país (BRASIL, 2008). O Reporto, apesar de incentivar a infraestrutura ferroviária brasileira, acaba prejudicando o desenvolvimento de tecnologia ferroviária por empresas nacionais, uma vez que o incentivo é direcionado a produtos importados.

Não foram encontrados outros programas de incentivo fiscal direcionados à fabricação de veículos ferroviários. A ANFT propôs a criação do Retrem ou Relog, que atuariam nos mesmos moldes do Reporto, incentivando a modernização e ampliação da estrutura

ferroviária (VENCOVSKY, 2011). Além disso, foram encontrados incentivos relacionados à obras de infraestrutura, tais como o Programa de Desenvolvimento da Empresa Catarinense - PRODEC (SANTA CATARINA, 2005) e o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura - REIDI (BRASIL, 2007), de cunho estadual e federal, respectivamente.

O programa Inova@SC, a nível estadual, também pode se apresentar como um importante apoio à formação de mercado no setor ferroviário.

8.4.1.6 Mobilização de recursos

Como mencionado pela ANTT (2014), o Brasil conta com a ausência de investimentos no setor metroferroviário. Apesar do PIL (2012) prever investimentos de R\$ 99,6 bilhões para a construção de linhas férreas no Brasil, não há nenhum recurso direto em linhas férreas aplicado a Santa Catarina. Apesar de não estar previsto nenhum investimento do PIL, a FIESC (2015) aponta que o Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT) e o Plano Acelerador do Crescimento (PAC) preveem investimentos no estado, a fim de estruturar o corredor ferroviário do estado.

No que diz respeito a capital humano, muitas empresas relatam dificuldade em contratar profissionais qualificados. Empresários apontam que tem que optar, muitas vezes, pela qualificação interna da mão de obra, devido à baixa incidência de cursos relacionados ao setor. Em Santa Catarina, a UFSC inaugurou um curso de graduação específico em engenharia ferroviária e metroviária em 2014. Este foca em áreas como desenvolvimento de projeto veicular, manutenção e gestão ferroviária e metroviária (UFSC, 2014).

8.4.1.7 Criação de legitimidade

São poucas as atividades relacionadas a criação de legitimidade ao setor ferroviário no Brasil e em Santa Catarina. A nível nacional, especialistas e empresários apontam pela necessidade do fortalecimento das agências reguladoras do setor ferroviário, tais como ANTT, ANTF e ANPTrilhos. Em Santa Catarina, uma das principais instituições capazes de trazer legitimidade ao setor é a FIESC, que tem sido apontada por empresários e especialistas como a articuladora da voz da indústria ferroviária. Esta tem atuado no desenvolvimento de pesquisas sobre a indústria e buscado a integração Universidade, indústria e governo. Em

2014, a federação operacionalizou as Rota Estratégica Setorial Ferroviária.

8.4.2 Analisar tendências

As tendências encontradas para a indústrias ferroviária estão descritas no Apêndice C.

8.4.3 Workshop 1 – Acessar a funcionalidade do sistema

No *workshop* 1, houve a avaliação dos resultados da análise das funções da indústria ferroviária por parte dos participantes. Assim, avaliaram-se as principais evidências de que a indústria se encontra na fase de formação.

8.5 DEFINIR A VISÃO E OS MECANISMOS DO SISTEMA

8.5.1 Workshop 2 – Construir a visão

Como resultado do *workshop* 2, além da relação de frases que definissem a visão de futuro de cada indústria, foi possível identificar 3 macrotendências intersetoriais dos setores no estado, no Brasil e no mundo, que já influenciam e devem influenciar as estratégias das indústrias emergentes:

- Alternativas de mobilidade;
- Sustentabilidade;
- Aproximação entre empresas, governo e universidades.

A análise das tendências em conjunto com os resultados referentes à análise da funcionalidade de cada um dos sistemas de inovação levou às seguintes visão de futuro para a indústria ferroviária:

- Indústria de Santa Catarina capacitada para fornecer soluções tecnológicas para o setor ferroviário.

8.5.2 Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio

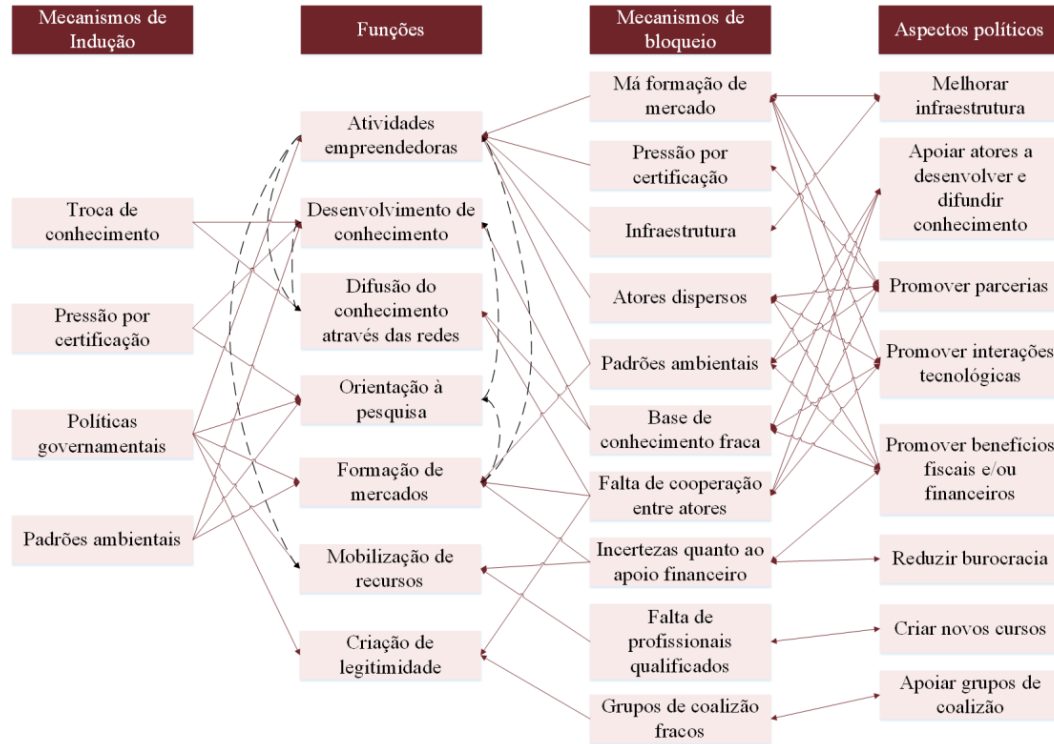
A Figura 28 resume os mecanismos de indução e bloqueio da indústria ferroviária. Assim, para esta indústria, foram identificados quatro mecanismos de indução: troca de conhecimento, pressão por certificação, políticas governamentais e regulações ambientais. Os

mecanismos de indução influenciam a troca de conhecimento entre os atores do sistema de inovação, o que impacta o desenvolvimento do conhecimento e sua difusão na rede. A pressão pela certificação e as regulações ambientais induzem as empresas positivamente a desenvolver conhecimento, impactando a orientação à pesquisa e, consequentemente, a o desenvolvimento do conhecimento. A pressão pelos padrões ambientais influencia a formação de mercado no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias ambientais. As políticas governamentais oferecem recursos e incentivos, o que impulsiona as atividades empreendedoras, orientação à pesquisa, formação de mercado, mobilização de recursos e favorece a criação de legitimidade para a indústria.

Os participantes indicaram em relação aos mecanismos de bloqueio da indústria ferroviária, a má formação de mercado e a falta de infraestrutura impactam negativamente as atividades empreendedoras. O não atendimento dos padrões ambientais dificulta tanto a formação de mercado, no que tange ao desenvolvimento de novas tecnologias, quanto às atividades empreendedoras, pois, juntamente com a pressão pela certificação, podem inibir novos entrantes. A fraca base de conhecimento da indústria ferroviária, cuja tecnologia é também majoritariamente importada, impacta o desenvolvimento de conhecimento e sua difusão na rede. Além disso, a falta de cooperação entre os autores impacta a difusão do conhecimento na rede, formação de mercado e criação de legitimidade. As incertezas quanto ao apoio financeiro, caracterizada pelo excesso de burocracia, bloqueia a formação de mercado e mobilização de recursos. Esta última também sofre influência negativa devido à falta de mão-de-obra especializada. Os padrões ambientais, que também podem atuar na indústria como fator indutor, podem inibir novos entrantes, impactando as atividades empreendedoras.

Em relação às interdependências entre as funções, uma má formação de mercado afeta negativamente o desenvolvimento de atividades empreendedoras e orientação à pesquisa. Uma orientação à pesquisa fraca dificulta o desenvolvimento de conhecimento. O fraco desenvolvimento de atividades empreendedoras impacta negativamente a mobilização de recursos, o desenvolvimento do conhecimento e a difusão deste na rede.

Figura 28 - Mecanismos de indução e bloqueio e aspectos políticos da indústria ferroviária.



Fonte: autora (2015).

8.6 ESPECIFICAR AS POLÍTICAS CHAVES

8.6.1 Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave

No *workshop* 4, os participantes elaboraram estratégias de curto, médio e longo prazos que fortalecessem os mecanismos indutores do sistema e enfraquecesse os mecanismos de bloqueio identificados através das visões, a fim de gerar o *roadmap*. As questões políticas chave para a indústria ferroviária estão representadas pela quarta coluna da Figura 28. Foram identificadas oito políticas públicas que devem ser consideradas para a elaboração das estratégias que gerarão o *roadmap* do setor ferroviário.

Assim, tem-se as seguintes políticas:

- Promover parcerias: incentivar a formação de parcerias a fim de desenvolver mercados, induzir o desenvolvimento de pesquisas e parcerias entre atores dos sistemas;
- Promover incentivos financeiros e fiscais: conceder incentivos fiscais e financeiros a fim de estimular o desenvolvimento de mercados, incentivar novas tecnologias e o desenvolvimento de estudos e pesquisas;
- Melhorar infraestrutura: melhorar a infraestrutura para estimular a formação de mercados;
- Apoiar os atores do sistema no aumento e na difusão do conhecimento: incentivar o desenvolvimento de pesquisas e a difusão do conhecimento entre os atores da cadeia;
- Promover interações tecnológicas: promover a aproximação dos atores dos sistemas a fim de promover o desenvolvimento de estudos em novas tecnologias;
- Reduzir a burocracia: desburocratizar os processos a fim de incentivar a formação de mercado;
- Criar novos cursos: criar novos cursos a fim de desenvolver mão de obra qualificada e expandir a oferta de cursos nos setores automotivo, aeronáutico e ferroviário;
- Apoiar grupos de coalizão: formar alianças a fim de criar grupos de interesse e incentivar novas tecnologias.

8.7 CONSTRUIR O ROADMAP

A seguir serão descritos as principais estratégias elaboradas para a indústria aeronáutica, em relação a cada função do sistema de inovação.

O TRM final pode ser visualizado na Figura 29. Os detalhes do TRM para a indústria aeronáutica encontram-se no Apêndice G.

8.7.1 Atividades empreendedoras

Para primeira função foram identificados cinco aspectos atuais. O primeiro aspecto refere-se à falta de empresas de transporte de passageiros, tanto em SC quanto no Brasil, o que está diretamente relacionado à macrotendência “alternativas de mobilidade”. As sugestões para este aspecto envolvem o oferecimento de benefícios fiscais para encorajar o estabelecimento do transporte ferroviário de passageiros em SC e, no médio-longo prazo, a criação de parcerias público privadas que viabilizem este tipo de transporte no estado. A falta de empresas que provisionam serviços para a indústria ferroviário foi o segundo fator identificado. As propostas para suprir essa função envolvem a criação de linhas de investimento que incentivem novos entrantes e, no médio e longo prazos, o estabelecimento de acordos internacionais e a importação/exportação de planos para a provisão de serviços. O terceiro aspecto identificado relaciona-se a falta de fornecedores de componentes e sistemas. As estratégias propostas incluem também a criação de linhas de investimento para incentivar novos entrantes e, no médio-longo prazo, a criação de laboratórios em parceria com universidades para o desenvolvimento de componentes e sistemas para o setor ferroviário. Por fim, foi identificado barreiras infraestruturais que limitam a entrada de novas empresas no mercado. Para isso, foi proposta a reforma de ferrovias antigas e a criação de novas. Em um segundo momento, propõe-se a integração do sistema de transporte intermodal.

8.7.2 Desenvolvimento do conhecimento

Em relação à segunda função do sistema de inovação, foram identificados dois aspectos atuais. O primeiro está relacionado ao desenvolvimento de estudos em tração metroviária. Foi proposto como estratégia, a expansão desses estudos e a criação, no longo prazo, de laboratórios compartilhados. Outro fator identificado e relacionado a macrotendência “sustentabilidade” são os programas ambientais que estão sendo desenvolvidos pelas próprias operadoras ferroviárias. Neste sentido, foi proposto encorajar o desenvolvimento de pesquisas relativas a alternativas sustentáveis para a indústria ferroviária em parceria com universidades. No médio e no longo prazos, sugeriu-se o desenvolvimento de planos sustentáveis para reduzir o impacto da

construção de ferrovias e, subsequentemente, a implantação desses planos.

8.7.3 Difusão do conhecimento na rede

Foram identificados dois aspectos atuais relacionados à difusão do conhecimento através da rede no setor ferroviário. O primeiro aspecto está relacionado a macrotendência “aproximação entre empresas, governo e universidades”. Foi proposta a criação de rede de interação tecnológica entre esses três atores para que, futuramente, essas parcerias constituíssem centros compartilhados de P&D para o desenvolvimento de pesquisas e projetos para o setor. O segundo aspecto diz respeito a encontros nacionais, que estão sendo desenvolvidos a fim de promover a difusão do conhecimento. Neste sentido, a fim de fomentar este aspecto, propõe-se incentivar a participação dos atores do setor em eventos internacionais e procurar empresas que forneçam soluções tecnológicas para a indústria ferroviária.

8.7.4 Orientação à pesquisa

Quanto à orientação a pesquisa, foram identificados três aspectos atuais: aumento da pressão por certificação, esforços em *foresight* e a criação de um grupo de estudos focados no transporte ferroviário de passageiros. As estratégias sugeridas para o primeiro aspecto envolvem encorajar as indústrias a se adaptarem a esses padrões, assinar acordos com centros de certificação internacionais e criar laboratórios de certificação. Para o segundo aspecto, foi proposto o desenvolvimento de um plano diretor para implementar as ações traçadas pelo *roadmap*. Por fim, sugeriu-se primeiramente, para o terceiro aspecto, a criação de novos grupos, que mapeiem e discutam outros fatores relacionados a indústria ferroviária para, futuramente, encorajar a formação de novas empresas, em novos nichos de mercado.

8.7.5 Formação de mercado

Em relação à formação de mercados, foram identificados três aspectos atuais. O primeiro corresponde a falta de incentivos fiscais e financeiros para pesquisas. A estratégia sugerida para este aspecto é a definição de um pacote de incentivos fiscais para incentivar a criação de laboratórios de P&D. O segundo aspecto é o excesso de burocracia para conseguir o apoio de programas de incentivo para a indústria ferroviária.

Para isto, foi proposto a redução da burocracia de acesso a recursos de P&D e de formação de parcerias público privadas. O terceiro aspecto refere-se ao aumento da pressão por novos padrões ambientais, fator esse relacionado à macrotendência “sustentabilidade”. As sugestões estratégicas para esse fator envolve a definição de um pacote de incentivos fiscais para apoiar o desenvolvimento de pesquisas de novas tecnologias ambientais e, no médio-longo prazo, a criação de laboratórios em parceria com universidades para desenvolver essas tecnologias.

8.7.6 Mobilização de recursos

Para a sexta função, foram identificados três aspectos atuais. O primeiro relaciona-se a dificuldade em conseguir apoio financeiro. As estratégias propostas envolvem a redução da burocracia de acesso e a criação de fundos de financiamento. Além disso, propõe-se a criação de editais de apoio a projetos de P&D. O segundo aspecto relaciona-se à falta de profissionais especializados em serviços para a indústria ferroviária. Para isto, propõe-se o desenvolvimento de um estudo para identificar as deficiências de treinamento para, posteriormente, criar cursos para suprir essas lacunas. O terceiro aspecto elencado é o surgimento de cursos focados na indústria aeronáutica, tais como o curso de Engenharia Ferroviária da UFSC. Para este aspecto, foi sugerida a ampliação das vagas e dos cursos e, no longo prazo, a criação de cursos de pós-graduação e especialização focados no setor.

8.7.7 Criação de legitimidade

Quanto à criação de legitimidade para a indústria, foi identificado dois aspectos: a falta de grupos de coalizão para fortalecer e apoiar a indústria ferroviária e a falta de representatividade das agências reguladoras ferroviárias. Uma das estratégias propostas para o primeiro aspecto é encorajar a interação entre os setores público e privado. Para o médio e o longo prazo, sugere-se a consolidação da FIESC como articuladora da indústria aeronáutica e a criação de uma câmara setorial, respectivamente. Para o segundo aspecto, os especialistas sugeriram que o governo desse apoio a indústria ferroviária para, no médio e longo prazos, criar uma agência promotora desse setor no estado e editar um novo marco regulatório para o modal ferroviário, respectivamente.

Figura 29 - TRM para a indústria ferroviária.



Fonte: autora (2016).

8.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A indústria ferroviária catarinense encontra-se em uma fase emergente no estado. Analisando a sua funcionalidade, identifica-se a falta de atores, redes e instituições no sistema que levem esta indústria a ser competitiva. Tendo mapeado a funcionalidade, foi possível identificar os principais aspectos que bloqueiam e induzem o sistema ferroviário atualmente. Pode-se citar como principais mecanismos bloqueadores, a má formação de mercado, falta de infraestrutura, dispersão dos atores, base de conhecimento fraca, falta de profissionais qualificados, grupos de coalizão fracos, falta de apoio financeiro, entre outros. Entre os mecanismos que induzem o sistema, pode-se mencionar a troca de conhecimento, políticas governamentais, padrões ambientais e pressão por certificação.

Após analisar esses mecanismos, foi possível identificar os principais aspectos políticos que podem influenciar o sistema ferroviário, tendo em vista a diminuição do impacto dos fatores que o bloqueia e o fortalecimento daqueles que o induz. Essas políticas foram traduzidas em estratégias, as quais focam os fatores indutores e bloqueadores do sistema, identificados por meio do mapeamento das funções. Assim, foi gerado o gráfico final do *roadmap*, relacionando no eixo vertical as funções do SI e, no eixo horizontal, o período considerado.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa atendeu seu objetivo ao avaliar a adequação de *technology roadmap* (TRM) como ferramenta de *technology foresight* (TF) à perspectiva de Sistemas de Inovação (SI). Neste sentido, o ISF ajudou a direcionar os esforços de longo prazo para o estabelecimento e fortalecimento dos setores automotivo, aeronáutico e ferroviário de Santa Catarina, de acordo com as demandas da FIESC. A visão sistêmica considerou a geração e difusão do conhecimento entre os componentes estruturais do sistema, trazendo a natureza sistêmica do processo de inovação. Isto ainda contribuiu para a melhor formulação das estratégias de longo prazo, que foram traduzidas pelo *roadmap*, considerando as funções do sistema de inovação como *drivers*. A seguir serão discutidas as principais contribuições do trabalho.

9.1 CONTRIBUIÇÕES

O método proposto obteve resultados satisfatórios tanto em relação às lacunas apresentadas quanto em termos práticos. A seguir serão destacadas as contribuições dessa dissertação para quatro dimensões principais: teoria, indústrias, academia e especialistas.

9.1.1 Contribuições para a teoria

Esta dissertação contribuiu para a literatura de: (i) *Foresight* e (ii) Sistemas de Inovação (SI). Em termos de contribuição para a área de Sistemas de Inovação, as funções contribuíram para proceder a análise do sistema, identificando a sua dinâmica e atividades a nível macro e micro, ou seja, das organizações em si e das atividades individuais dos empreendedores.

Em termos de contribuição para a área de *foresight*, a visão sistêmica permitiu entender os fatores que deveriam ser impulsionados a fim de promover a mudança estrutural do sistema e como este poderia influenciar as atividades inovadoras do mesmo.

A fim de contribuir para a lacuna que diz respeito à operacionalização da análise do sistema às atividades de *foresight*, utilizou-se o *technology roadmapping* (TRM). O TRM apresentou características sistêmicas que contribui para a integração. Além disso, como seu mapa final é composto por indicadores, utilizaram-se as sete funções do sistema de inovação como *drivers* para identificar a funcionalidade atual do sistema e indicar as estratégias de ação de longo

prazo. Isso mostrou-se útil para identificar os principais aspectos políticos e estratégias que devem ser priorizadas tendo em vista a mudança do padrão funcional do sistema em prol do desenvolvimento econômico.

A utilização do TRM como operacionalizador do TF e SI ainda ajudou a identificar as relações de causa-efeito necessárias para a projeção do cenário atual para um cenário futuro. Assim, foi gerado o gráfico final do *roadmap* para cada uma das indústrias emergentes, relacionando no eixo vertical as funções do SI e, no eixo horizontal, o período de análise definido pela FIESC (2022).

9.1.2 Contribuições para as indústrias

A contribuição prática para as indústrias emergentes pode ser identificada em diferentes etapas do ISF para cada setor. Inicialmente, a análise da funcionalidade do sistema permitiu o desenvolvimento de um diagnóstico inicial das três indústrias emergentes e apontou para a falta de atores, redes e instituições no sistema que levassem estas indústrias a serem competitivas. Estes fatores sensibilizaram para a necessidade de tornar essas indústrias competitivas e gerar crescimento econômico para o estado de Santa Catarina. Além disso, aliados às tendências, estes fatores também auxiliaram a construir uma visão de futuro para esses Sistemas Setoriais de Inovação, ou seja, a definição comum dos especialistas e representantes do setor para onde a indústrias deve seguir no longo prazo.

A identificação dos mecanismos que estavam bloqueando o sistema, assim como a má formação de mercado, falta de infraestrutura, dispersão dos atores, base de conhecimento fraca, falta de profissionais qualificados, grupos de coalizão fracos, falta de apoio financeiro para estas indústrias, entre outros, apontou para os fatores críticos das indústrias. Em contrapartida, os mecanismos indutores, como a troca de conhecimento, políticas governamentais, padrões ambientais e pressão por certificação identificou os fatores que estimulam os três setores. Estes fatores foram cruciais para orientar as políticas e estratégias de longo prazo para atingir a visão de futuro da indústria, como a diminuição do impacto dos fatores que bloqueavam o sistema e o fortalecimento daqueles que o induziam.

Por fim, o *roadmap* final das indústrias apresenta graficamente como as funções devem se desenvolver no longo prazo a fim de atingir a visão de futuro desejado para cada um dos Sistemas Setoriais de Inovação analisados. Se aplicado, o ISF para as indústrias emergentes pode fazer com que estes três setores se tornem competitivos e impactem

positivamente a economia do estado, pois os *roadmaps* finais orientam as políticas públicas que devem ser exploradas para cada uma das indústrias ao longo do tempo.

O método proposto por esta dissertação também é passível de replicação e pode ser utilizado para o desenvolvimento de ISF para outras indústrias.

9.1.3 Contribuições para a academia

Para a academia, esta dissertação contribui ao interrelacionar o conceito de diferentes áreas de conhecimento, uma vez que, apesar de estar focada principalmente na Engenharia de Produção, utiliza ferramentas multidisciplinares. Este é o caso da inovação, que é um conceito amplo e estudado também, por exemplo, pela Economia, Engenharia do Conhecimento, etc. Isto abre novas possibilidades de estudos multidisciplinares.

Além disso, o uso dos conceitos de análise futuro orientada e inovação abre novas possibilidades de estudo que busque aproximar ambas temáticas.

9.1.4 Contribuições para os especialistas

Entre as contribuições para os especialistas, pode-se mencionar a reflexão que todo o processo permitiu em cima das indústrias emergentes. Esta sensibilizou os participantes a entender o contexto atual das indústrias emergentes e planejar o futuro dessas para a fim de aumentar sua competitividade e gerar crescimento econômico para o estado.

Além disso, como mencionado na subseção 9.1.2, o método proposto por esta dissertação também é passível de replicação e abre a possibilidade para que estes especialistas apliquem em outros contextos e áreas de conhecimento. A própria FIESC pode utilizar o método aqui proposto para desenvolver outros ISF para outras indústrias no estado de Santa Catarina. Indo além, especialistas em políticas públicas podem utilizar o método proposto para orientar outros exercícios de em outros estados e/ou a nível nacional.

9.2 DELIMITAÇÃO E ESTUDOS FUTUROS

Em relação às delimitações desta dissertação, podem-se citar as especificações requeridas pela FIESC. Primeiramente, o período de abrangência do estudo, cujo longo prazo foi definido como 2022, e as

indústrias que seriam analisadas estavam diretamente atrelados às Rotas Estratégicas das Indústrias Emergentes.

Em segundo lugar, pode-se citar o recorte setorial do sistema a partir dos CNAEs. Ao limitar o estudo aos CNAEs 29 e 30, limitam-se também os atores do sistemas analisados. O Sistema de Inovação das indústrias analisadas é muito mais abrangente que esta classificação e restringir sua análise a esses CNAEs pode fazer com que a análise não trate da dinâmica do sistema de forma completa. Além disso, isto também prejudica a identificação da atuação transversal entre setores no que tange a produção e difusão do conhecimento e análise das redes intersetoriais, por exemplo, o que podem limitar as atividades inovadoras. Sugere-se como uma oportunidade para estudos futuros, com base nestes fatores, uma análise mais aprofundada dos componentes estruturais destes sistemas setoriais, procurando dar uma abrangência maior e que leve em consideração a complexidade desses.

Em terceiro lugar, não foi considerado nessa dissertação a etapa de pós-*foresight*, que engloba a difusão dos resultados e implementação das ações resultantes do *roadmap*. Sugere-se como uma oportunidade futura, que os resultados alcançados por meio do *roadmap* sejam implantados, bem como analisados os principais impactos que estas tiveram na indústria.

Em quarto lugar, empara a descrição da funcionalidade do sistema de inovação setorial das indústrias emergentes, foram utilizados os dados levantados pela equipe durante a realização das Rotas Estratégicas Setoriais da FIESC. Portanto, a descrição está atrelada à percepção da equipe e conforme os resultados encontrados no período de realização das outras etapas. Dessa forma, podem haver aspectos que não foram considerados na análise da funcionalidade e, conseqüentemente, não foram considerados no *roadmap*.

Outra oportunidade para estudos futuros se dá em relação à continuidade periódica para o processo descrito nessa dissertação, a fim de atualizar o ISF setorial. Isto se deve porque a funcionalidade do sistema não é estática, mas apresenta-se em constante mudança e as estratégias traçadas no processo devem ser adaptadas para acompanhar essas mudanças e a necessidades futuras do sistema.

Pode-se citar ainda como oportunidades para estudos futuros, em termos teóricos, a análise da aplicabilidade de outros métodos de foresight para operacionalizar a integração entre o TF e SI. Como apresentado na subseção 3.3, há diversos métodos de *foresight* existentes, variando entre qualitativos, quantitativos e semiquantitativos. Dessa forma, outros

métodos, como cenários, SWOT, Delphi, etc., também poderiam ser analisados como integradores dos dois conceitos.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Estudo prospectivo setorial automotivo**. Brasília: ABDI, 2009. 142 p.

_____. **Brasil maior: balanço executivo**. Brasília: ABDI, 2013. 40 p.

ABE, Hitoshi *et al.* Integrating business modeling and roadmapping methods–The Innovation Support Technology (IST) approach. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 1, p. 80-90, 2009.

ABIFER. **Eventos do setor**. Disponível em: <<http://www.abifer.org.br/eventossetor.aspx>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

_____. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abifer.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

AEB. **Instituições firmam convênio para promover indústria aeroespacial**. 2014. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/instituicoes-firmam-convenio-para-promover-industria-aeroespacial/>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

AHLQVIST, Toni; VALOVIRTA, Ville; LOIKKANEN, Torsti. Innovation policy roadmapping as a systemic instrument for forward-looking policy design. **Science and Public Policy**, v. 39, n. 2, p. 178-190, 2012.

ALBRIGHT, Richard E.; KAPPEL, Thomas A. Technology roadmapping: roadmapping the corporation. **Research Technology Management**, v. 46, n. 2, p. 31, 2003.

ALKEMADE, Floortje; KLEINSCHMIDT, Chris; HEKKERT, Marko. Analysing emerging innovation systems: a functions approach to foresight. **International Journal of Foresight and Innovation Policy**, v. 3, n. 2, p. 139-168, 2006.

ALL. **Histórico**. Disponível em: <http://pt.all-logistica.com/all/web/conteudo_pti.asp?idioma=0&conta=45&tipo=27056>. Acesso em: 06 jul. 2015.

AMANATIDOU, Effie; GUY, Ken. Interpreting foresight process impacts: steps towards the development of a framework conceptualising the dynamics of 'foresight systems'. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 4, p. 539-557, 2008.

AMER, Muhammad; DAIM, Tugrul U. Application of technology roadmaps for renewable energy sector. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 8, p. 1355-1370, 2010.

ANAC. **Programa de Fomento à Certificação de Projetos de Aeronaves de Pequeno Porte**. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/ibr2020/index.html>>. Acesso em: 18 ago. 2015a.

_____. **Certificação**. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/Conteudo.aspx?slCD_ORIGEM=9&ttCD_CHAVE=14>. Acesso em: 19 ago. 2015b.

ANDERSEN, Allan Dahl; ANDERSEN, Per Dannemand. Innovation system foresight. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 88, p. 276-286, 2014.

ANDERSEN, Per Dannemand *et al.* Sectoral innovation system foresight in practice: Nordic facilities management foresight. **Futures**, v. 61, p. 33-44, 2014.

ANFAVEA. **Indústria automobilística brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 2006. 17 p.

_____. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 2014. 156 p.

_____. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 2015. 156 p.

ANTF. **Informações do setor**. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/index.php>>. Acesso em: 05 jul. 2015a.

_____. **Encontro ANTF de ferrovias**. Disponível em: <<http://www.otmeditora.com.br/encontrodeferrovias/>>. Acesso em: 05 jul. 2015b.

_____. **Para ANTF, medidas do Brasil Maior são positivas.** Disponível em: < <http://www.antf.org.br/index.php/noticias/3248-para-antf-medidas-do-brasil-maior-sao-positivas>>. Acesso em: 12 ago. 2015c.

ANTF/ANPTrilhos. **VI Brasil nos trilhos.** 2014. Disponível em: < <http://www.otmeditora.com.br/brasilnostrilhos/>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

ANTT. **Entraves burocráticos, exigências legais e tributárias do transporte multimodal.** Brasília: ANTT, 2011. 186 p.

_____. **Trens de passageiros:** uma necessidade que se impõe. Brasília: ANTT, 2014. 77 p.

BARKER, Derek; SMITH, David JH. Technology foresight using roadmaps. **Long Range Planning**, v. 28, n. 2, p. 21-28, 1995.

BARRÉ, Rémi; KEENAN, Michael. Revisiting foresight rationales: what lessons from the social sciences and humanities?. In: **Future-Oriented Technology Analysis**. Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 41-52.

BARROS, Daniel C.; CASTRO, Bernardo H. Ribeiro de; VAZ, Luiz F. Hupsel. Automotivo. In: BNDES. **Perspectivas do investimento 2015 - 2018 e panoramas setoriais.** Brasília: BNDES, 2013. p. 29-38.

BATALHA, Mário Otávio (Org.). **Introdução à engenharia de produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BERGEK, Anna *et al.* Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**, v. 37, n. 3, p. 407-429, 2008.

BRASIL. Lei nº 11.774, de 17 de janeiro de 2008. Altera a legislação tributária federal, modificando as Leis nos 10.865, de 30 de abril de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005, 11.033, de 21 de dezembro de 2004, 11.484, de 31 de maio de 2007, 8.850, de 28 de janeiro de 1994, 8.383, de 30 de dezembro de 1991, 9.481, de 13 de agosto de 1997, 11.051, de 29 de dezembro de 2004, 9.493, de 10 de setembro de 1997, 10.925, de 23 de julho de 2004; e dá outras providências. **Lex:** Brasília, Constituição.

_____. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital. **Lex:** Brasília, Constituição.

_____. Lei nº 11.488, de 15 de janeiro de 2007. Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura – REIDI. **Lex:** Brasília, Constituição.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2014a. **Plano Brasil Maior.** Disponível em: <<http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/conteudo/153>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

_____. **Santa Catarina ganhará ferrovia para escoar produção.** 2014b. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/10/santa-catarina-ganhara-ferrovia-para-escoamento-de-producao>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

CAGNIN, Cristiano *et al.* (Ed.). **Future-oriented technology analysis: strategic intelligence for an innovative economy.** Berlin: Springer Science & Business Media, 2008.

CAGNIN, Cristiano; AMANATIDOU, Effie; KEENAN, Michael. Orienting European innovation systems towards grand challenges and the roles that FTA can play. **Science and Public Policy**, v. 39, n. 2, p. 140-152, 2012.

CARIOLA, Monica; ROLFO, Secondo. Evolution in the rationales of foresight in Europe. **Futures**, v. 36, n. 10, p. 1063-1075, 2004.

CARLSSON, Bo (Ed.). **Technological systems and industrial dynamics.** Massachussets: Springer Science, 1997.

CARLSSON, Bo; JACOBSSON, Staffan; BERGEK, A. Dynamics of innovation systems: policy-making in a complex and non-deterministic world. In: INTERNATIONAL WORKSHOP OF FUNCTIONS OF INNOVATION SYSTEM, 2004, Utrecht, **Proceedings...** Utrecht: Druid, 2004.

CARLSSON, Bo *et al.* Innovation systems: analytical and methodological issues. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 233-245, 2002.

CARLSSON, Bo; STANKIEWICZ, Rikard. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 1, n. 2, p. 93-118, 1991.

CARVALHO, Marly Monteiro de; FLEURY, André; LOPES, Ana Paula. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): contributions and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 7, p. 1418-1437, 2013.

CASOTTI, Bruna Pretti; GOLDENSTEIN, Marcelo. **Panorama do setor automotivo: mudanças estruturais da indústria e as perspectivas para o Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 42 p.

CASTELLACCI, Fulvio. Technological regimes and sectoral differences in productivity growth. **Industrial and Corporate Change**, v. 16, n. 6, p. 1105-1145, 2007.

CASTORENA, David G.; RIVERA, Geovanny R.; GONZÁLEZ, Amado V. Technological foresight model for the identification of business opportunities (TEFMIBO). **Foresight**, v. 15, n. 6, p. 492-516, 2013.

CAVIN, Shirley Gisela Mejia Pantoja de. **An integrated framework for implementing technology roadmapping in industry**. 2012. 397 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia mecânica, de materiais e manufatura, University of Nottingham, Nottingham, 2012.

CNT. **Plano CNT de transporte e logística 2011**. Brasília: CNT, 2011a. 374 p.

_____. **Pesquisa CNT de ferrovias 2011**. Brasília: CNT, 2011b. 184 p.

_____. **Plano CNT de transporte e logística**. Brasília: CNT, 2014. 752 p.

_____. **O sistema ferroviário brasileiro**. Brasília: CNT, 2013. 58 p.

COELHO, Gilda Massari *et al.* Caminhos para o desenvolvimento em prospecção tecnológica: Technology Roadmapping—um olhar sobre

formatos e processos. **Parcerias Estratégicas**, v. 10, n. 21, p. 199-234, 2010.

COOKE, Philip. Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe. **Geoforum**, v. 23, n. 3, p. 365-382, 1992.

COOKE, Philip; URANGA, Mikel Gomez; ETXEBARRIA, Goio. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. **Research Policy**, v. 26, n. 4, p. 475-491, 1997.

_____. Regional systems of innovation: an evolutionary perspective. *Environment and planning A*, v. 30, n. 9, p. 1563-1584, 1998.

COSTA, Olivier da *et al.* The impact of foresight on policy-making: insights from the FORLEARN mutual learning process. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 20, n. 3, p. 369-387, 2008.

CUHLS, Kerstin. From forecasting to foresight processes - new participative foresight activities in Germany. **Journal of Forecasting**, v. 22, n. 2-3, p. 93-111, 2003.

DAIM, Tugrul U.; OLIVER, Terry. Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 5, p. 687-720, 2008.

DIEESE. **Setor automotivo**. Disponível em: <http://www.cnmcut.org.br/sgc_data/conteudo/%7B126F9C13-9BCD-461D-9009-E904F9147476%7D_automotivo_final.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2014.

DNIT. **Histórico**: a invenção da locomotiva. 2014. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>>. Acesso em: 15 out. 2015.

DOLOREUX, David. Regional innovation systems in the periphery: The case of the Beauce in Québec (Canada). **International Journal of Innovation Management**, v. 7, n. 01, p. 67-94, 2003.

DOLOREUX, David; PARTO, Saeed. Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues. **Technology in Society**, v. 27, n. 2, p. 133-153, 2005.

DUINKER, Peter N.; GREIG, Lorne A. Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n. 3, p. 206-219, 2007.

DYSON, Robert G. Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. **European Journal of Operational Research**, v. 152, n. 3, p. 631-640, 2004.

EDLER, Jakob; GEORGHIOU, Luke. Public procurement and innovation: resurrecting the demand side. **Research Policy**, v. 36, n. 7, p. 949-963, 2007.

EDQUIST, Charles. The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: an account of the state of the art. In: DRUID CONFERENCE, 2001, Aalborg. **Proceedings...** Aalborg: DRUID, 2001. p. 12-15.

_____. Systems of innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C. (Ed.). **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2004. p. 1-24.

EDQUIST, Charles; JOHNSON, Bjorn. Institutions and organizations in systems of innovation. In: EDQUIST, Charles (Ed.). **Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations**. Londres: Pinter Publishers, 1997. p. 41-63.

EMBRAER. **Empresa**. Disponível em: <<http://www.embraer.com/pt-BR/ConhecaEmbraer/TradicaoHistoria/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 18 ago 2015.

_____. **História da Embraer**. São José dos Campos: Embraer, 2006.

_____. **Relatório anual 2014**. São José dos Campos: Embraer, 2014.

ERIKSSON, E. Anders; WEBER, K. Matthias. Adaptive foresight: navigating the complex landscape of policy strategies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 4, p. 462-482, 2008.

FERREIRA, Marcos José B. *et al.* **Relatório de acompanhamento setorial: indústria aeronáutica**. Campinas: ABDI, 2009. 20 p.

FIESC. **Corredor ferroviário catarinense**. Disponível em: <<http://fiesc.com.br/logistica/pesquisacorredorferroviario>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

_____. **Relatório de atividades das câmaras especializadas da FIESC**. Florianópolis: FIESC, 2013a.

_____. **Setores portadores de futuro para a indústria catarinense 2022: estudo socioeconômico**. Florianópolis: FIESC, 2013b.

_____. **Relatório das ações de desenvolvimento associativo: 2013**. Florianópolis: FIESC, 2013d.

_____. **Relatório das atividades das câmaras especializadas da FIESC: Comitê de Desenvolvimento da Indústria Aeronáutica da FIESC**. Florianópolis: FIESC, 2013e.

_____. **Santa Catarina em dados 2014**. Florianópolis, 2014a, 180 p.

_____. **Programa de Desenvolvimento da Indústria Catarinense 2022: competitividade com sustentabilidade**. Disponível em: <http://www4.fiescnet.com.br/homepdic>>. Acesso em: 14 mar. 2015a.

_____. **Santa Catarina em dados: 2015**. Florianópolis: FIESC, 2015b. 192 p.

_____. **Transporte**. Disponível em: <http://www2.fiescnet.com.br/web/pt/site_topo/infra/info/transporte>. Acesso em: 12 ago. 2014b.

_____. **Rotas estratégicas setoriais 2022: indústrias emergentes**. Florianópolis: FIESC, 2014c.

_____. **Relatório das atividades das câmaras especializadas da FIESC: Câmara de Desenvolvimento da Indústria Automotiva**. Florianópolis: FIESC, 2014d.

_____. **Comitês**. Disponível em: <<http://fiesc.com.br/camaras-especializadas/comites>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

FIESP. **Panorama da indústria de transformação brasileira**. São Paulo: FIESP, 2014. 58 p.

FINEP. **Institucional**. Disponível em: < <http://www.finep.gov.br/>>. Acesso em: 08 maio 2015.

FREEMAN, Chris. **Technology policy and economic performance: Lessons from japan**. London: Pinter Publishers, 1987.

FTC. **Quem somos**. Disponível em: <<http://www.ftc.com.br/>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

GALLI, Riccardo; TEUBAL, Morris. Paradigmatic shifts in national innovation systems. In: EDQUIST, Charles. **Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations**. Londres: Pinter, 1997. p. 342-370.

GALVIN, Robert. Science roadmaps. **Science**, v. 280, n. 5365, p. 803a-803a, 1998.

GARCIA, Marie L.; BRAY, Olin H. **Fundamentals of technology roadmapping**. Albuquerque: Sandia National Laboratories, 1997.

GEORGHIU, Luke. The UK technology foresight programme. **Futures**, v. 28, n. 4, p. 359-377, 1996.

GEORGHIU, Luke; KEENAN, Michael. Evaluation of national foresight activities: Assessing rationale, process and impact. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 7, p. 761-777, 2006.

GEUM, Youngjung; PARK, Yongtae. The state-of-the-art of public-sector technology roadmaps: A taxonomical approach to energy technology roadmaps. **Science and Public Policy**, p. scs108, 2012.

GIACAGLIA, Giorgio E. O.. A indústria aeroespacial: questões econômicas, tecnológicas e sociais. **Estudos Avançados**, v. 8, n. 20, p. 42-49, 1994.

GROENVELD, Pieter. Roadmapping integrates business and technology. **Research Technology Management**, v. 40, n. 5, p. 48, 1997.

GRUPP, Hariolf; LINSTONE, Harold A. National technology foresight activities around the globe: resurrection and new paradigms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 60, n. 1, p. 85-94, 1999.

GODET, Michel. Introduction to La prospective: seven key ideas and one scenario method. **Futures**, v. 18, n. 2, p. 134-157, 1986.

_____. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 65, n. 1, p. 3-22, 2000.

GOMES, Sergio B. Varella; FONSECA, Paulus V. da Rocha. Aeroespacial. In: BNDES. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais**. Brasília: BNDES, 2013. p. 10-21.

HABEGGER, Beat. Strategic foresight in public policy: Reviewing the experiences of the UK, Singapore, and the Netherlands. **Futures**, v. 42, n. 1, p. 49-58, 2010.

HADDAD, Carolina R. *et al.* TRM in emerging systems of innovation: the automobile industry case. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PROFESSIONAL INNOVATION MANAGEMENT CONFERENCE, 26., 2015, Budapeste. **Proceedings....** Budapeste: ISPIM, 2015. p. 1 - 16.

HAVAS, Attila; SCHARTINGER, Doris; WEBER, Matthias. The impact of foresight on innovation policy-making: recent experiences and future perspectives. **Research Evaluation**, v. 19, n. 2, p. 91-104, 2010.

HEKKERT, Marko P. *et al.* Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 4, p. 413-432, 2007.

HEKKERT, Marko P.; HARMSSEN, Robert; DE JONG, Arjen. Explaining the rapid diffusion of Dutch cogeneration by innovation system functioning. **Energy Policy**, v. 35, n. 9, p. 4677-4687, 2007.

HEKKERT, Marko P.; NEGRO, Simona O. Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 4, p. 584-594, 2009.

HUMPHREY, John; MEMEDOVIC, Olga. The global automotive industry value chain: what prospects for upgrading by developing countries. **UNIDO Sectorial Studies Series Working Paper**, 2003.

HVANNBERG, Ebba Thora. Identifying and explicating knowledge on method transfer: a sectoral system of innovation approach. **Universal Access in the Information Society**, v. 14, n. 2, p. 187-202, 2013.

IACONO, Mario P. *et al.* Knowledge creation and inter-organizational relationships: the development of innovation in the railway industry. **Journal of Knowledge Management**, v. 16, n. 4, p. 604-616, 2012.

IBGE. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas: CNAE**. Disponível em: <<http://cnae.ibge.gov.br/busca-online-cnae?view=secao&tipo=cnae&versaosubclasse=9&versaoclasse=7&secao=C>>. Acesso em: 04 fev. 2015.

INMETRO. **Conheça o Inmetro**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/>>. Acesso em: 10 maio 2015.

INOVA@SC. **Sobre**. Disponível em: <<http://www.inova.sc.gov.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

INOVAR-AUTO. **Conheça o Inovar-Auto**. Disponível em: <http://inovarauto.mdic.gov.br/InovarAuto/public/login.jspx?_adf.ctrl-state=1bn2nbj2v1_9>. Acesso em: 10 maio 2015.

INPI. **Consulta à base de dados do INPI**. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

IPEA. **Transporte ferroviário**. 2009. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/presenca/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=18>. Acesso em: 18 ago. 2014.

_____. **Transporte ferroviário de cargas no Brasil:** gargalos e perspectivas para o desenvolvimento econômico e regional. Brasília: IPEA, 2010. 58 p.

IRVINE, John; MARTIN, Ben R.. **Foresight in science:** picking the winners. Londres: Frances Pinter, 1984.

_____. **Research Foresight:** priority-setting in science. Londres: Frances Pinter, 1989.

JACOBSSON, Staffan; JOHNSON, Anna. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy Policy**, v. 28, n. 9, p. 625-640, 2000.

JACOBSSON, Staffan; SANDEN, Bjorn; BANGENS, Lennart. Transforming the energy system: the evolution of the German technological system for solar cells. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 16, n. 1, p. 3-30, 2004.

JENSEN, Morten Berg *et al.* Forms of knowledge and modes of innovation. **Research policy**, v. 36, n. 5, p. 680-693, 2007.

JONHSON, Anna. Functions in innovation system approaches. In: DRUID'S NELSON-WINTER CONFERENCE, 1., 2001, Aalborg. **Proceedings...** . Copenhagen: Druid, 2001. p. 1 - 19.

JOHNSON, Anna; JACOBSSON, Staffan. Inducement and blocking mechanisms in the development of a new industry: the case of renewable energy technology in Sweden. In: COOMBS, Rod *et al.* (Ed.). **Technology and the market:** demand, users and innovation. Cheltenham: Edward Elgar, 2001. p. 89-111.

KANAMA, Daisuke. Objective, methodology and subject area of technology foresight based on bibliometric analysis. **International Journal of Foresight and Innovation Policy**, v. 9, n. 1, p. 3-18, 2013.

KAPPEL, Thomas A. Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. **Journal of Product Innovation Management**, v. 18, n. 1, p. 39-50, 2001.

KOSTOFF, Ronald N.; SCHALLER, Robert R. Science and technology roadmaps. **Engineering Management - IEEE on Transactions**, v. 48, n. 2, p. 132-143, 2001.

LANDETA, Jon. Current validity of the Delphi method in social sciences. **Technological forecasting and Social Change**, v. 73, n. 5, p. 467-482, 2006.

LEE, Sungjoo *et al.* Technology roadmapping for R&D planning: The case of the Korean parts and materials industry. **Technovation**, v. 27, n. 8, p. 433-445, 2007.

LEE, Jung Hoon; KIM, Hyung-il; PHAAL, Robert. An analysis of factors improving technology roadmap credibility: A communications theory assessment of roadmapping processes. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, n. 2, p. 263-280, 2012.

LEE, Sungjoo; PARK, Yongtae. Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 5, p. 567-583, 2005.

LIMA, J. C. C. O. *et al.* A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação. **BNDES Setorial**, n. 21, p. 31-55, 2005.

LINSTONE, Harold A. Three eras of technology foresight. **Technovation**, v. 31, n. 2, p. 69-76, 2011.

LIU, Xielin; WHITE, Steven. Comparing innovation systems: a framework and application to China's transitional context. **Research Policy**, v. 30, n. 7, p. 1091-1114, 2001.

LUNDVALL, Bengt-Ake. **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

_____. **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. New York: Anthem Press, 2010.

MARCHETTI, Dalmo dos Santos; DALTO, Edson José. Logística de cargas. In: BNDES. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais**. Brasília: BNDES, 2013. p. 120-127.

MALERBA, Franco. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002.

_____. **Sectoral systems of innovation**: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

MALERBA, Franco; MANI, Sunil (Ed.). **Sectoral systems of innovation and production in developing countries**: actors, structure and evolution. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009.

MALERBA, Franco; NELSON, Richard. Learning and catching up in different sectoral systems: evidence from six industries. **Industrial and Corporate Change**, v. 20, n. 6, p. 1645-1675, 2011.

MARTIN, Ben R. Foresight in science and technology. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 7, n. 2, p. 139-168, 1995.

_____. The origins of the concept of 'foresight' in science and technology: An insider's perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1438-1447, 2010.

MARTIN, Ben R.; JOHNSTON, Ron. Technology foresight for wiring up the national innovation system: experiences in Britain, Australia, and New Zealand. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 60, n. 1, p. 37-54, 1999.

MCKELVEY, Maureen. Using evolutionary theory to define systems of innovation. In: EDQUIST, Charles. **Systems of Innovation**: Technologies, Institutions and Organizations. Londres: Pinter, 1997. p. 200-222.

MDIC. **Introdução**: setor automotivo. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=327>>. Acesso em: 15 out. 2015.

MILES, Ian. **Appraisal of Alternative Methods and Procedures for Producing Regional Foresight**. Manchester: CRIC, 2002.

_____. The development of technology foresight: A review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n.9, p. 1448-1456, 2010.

MILES, Ian *et al.* 1. The Many Faces of Foresight. In: GEORGHIOU, Luke *et al.* (Ed.). **The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008. p. 3-23.

MOEHRLE, Martin G.; ISENMANN, Ralf; PHAAL, Robert (Org.). **Technology roadmapping for strategy and innovation**. Cambridge: Springer, 2013. 285 p.

NEGRO, Simona O.; HEKKERT, Marko P. Explaining the success of emerging technologies by innovation system functioning: the case of biomass digestion in Germany. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 20, n. 4, p. 465-482, 2008.

NELSON, Richard R. (Ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NIOSI, Jorge *et al.* National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in Society**, v. 15, n. 2, p. 207-227, 1993.

NOVAER. **Ministro garante apoio para instalação de fábrica da Novaer em Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.novaercraft.com.br/news.html>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

NOVAER. **Quem somos**. Disponível em: <<http://www.novaercraft.com.br/quemsomos.html>>. Acesso em: 13 ago. 2014a.

_____. **Novaer Craft aguarda liberação da financiadora de estudos e projetos para a instalação**. Disponível em: <<http://www.novaercraft.com.br/news.html>>. Acesso em: 13 ago. 2014b.

OECD. National Innovation Systems. Paris: OECD, 1997.49 p.

OHSAS. The health and safety & OHSAS guide. Disponível em: <<http://www.ohsas-18001-occupational-health-and-safety.com/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

OKOLI, Chitu; PAWLOWSKI, Suzanne D. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. **Information & management**, v. 42, n. 1, p. 15-29, 2004.

PLANO BRASIL MAIOR. **Dimensão Setorial**. Disponível em: <<http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/conteudo/153>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

PHAAL, Robert. **Foresight Vehicle technology roadmap**: technology and research directions for future road vehicles. Cambridge: UK Department of Trade and Industry, 2002. 78 p.

_____. Technology roadmapping. **Centre of Technology Management**, Cambridge, p. 129- 153, 2006.

PHAAL, Robert; FARRUKH, Clare J. P.; PROBERT, David R.. Characterization of technology roadmaps: purpose and format. In: Portland International Conference, 1., Portland. **Proceedings...** Portland: Management of Engineering and Technology, 2001, p. 367-374.

_____. Technology roadmapping: a planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 1, p. 5-26, 2004.

_____. Strategic roadmapping: A workshop-based approach for identifying and exploring strategic issues and opportunities. **Engineering Management Journal**, v. 19, n. 1, p. 3-12, 2007.

PHAAL, Robert *et al.*. Customizing the technology roadmapping approach. In: MANAGEMENT OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 3, 2003, Portland. **Proceedings...** Portland: IEEE, 2004. p. 361-369.

PHAAL, Robert *et al.* Technology roadmapping: Starting-up roadmapping fast. **Research Technology Management**, v. 46, n. 2, p. 52, 2003.

PIL. **Concessões ferroviárias**. 2012. Disponível em: <<http://www.logisticabrasil.gov.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

PINHEIRO, José de Queiroz; FARIAS, Tadeu Mattos; ABE-LIMA, July Yukie. Painel de especialistas e estratégia multimétodos: reflexões, exemplos, perspectivas. **Psico**, v. 44, n. 2, 2013.

POLACINSKI, Édio. **Prospetiva Estratégica de Godet**: processo de aplicação para arranjos produtivos locais. 2011. 439 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

POPPER, Rafael. Foresight methodology. In: GEORGHIOU, Luke *et al.* (Ed.). **The Handbook of Technology Foresight**: Concepts and Practice. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008a. p. 44-89.

_____. How are foresight methods selected? **Foresight**, v. 10, n. 6, p. 62-89, 2008b.

POPPER, Rafael *et al.* **Global foresight outlook**. European Foresight Monitoring Network report to the EC, 2007.

PORTER, Alan L. Technology foresight: types and methods. **International Journal of Foresight and Innovation Policy**, v. 6, n. 1-3, p. 36-45, 2010.

POSTMA, Theo J. B. M.; LIEBL, Franz. How to improve scenario analysis as a strategic management tool?. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 2, p. 161-173, 2005.

PROBERT, David; RADNOR, Michael. Frontier Experiences from industry-academia consortia. **Industrial Research Institute**, v. 46, n. 2, p. 27-30, mar. 2003.

QUINTELLA, Cristina Maria *et al.* Prospecção tecnológica como uma ferramenta aplicada em ciência e tecnologia para se chegar à inovação. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011.

RICKNE, Annika. **New Technology-Based Firms and Industrial Dynamics Evidence from the Technological System of Biomaterials in Sweden, Ohio and Massachusetts**. 2000. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Technology Management and Economics, Chalmers University Of Technology, Gotemburgo, 2000.

RINNE, Martin. Technology roadmaps: Infrastructure for innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 1, p. 67-80, 2004.

ROCHA, Isa de O.; BARBOSA, Aurora M. P.; CABRAL, Elisa. Notas sobre a infra-estrutura de transportes terrestres - rodoviário e ferroviário - de Santa Catarina (Brasil). In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12., 2009, Montevideo. **Anais....** Montevideo: EGAL, 2009. p. 1 - 22.

ROCHA, Isa de Oliveira; BARBOSA, Aurora Maria Putton; DOLEJAL, Natan. Highways and natural catastrophes in Santa Catarina (Brazil). In: WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH SOCIETY, 12., 2010, Lisboa. **Proceedings...** . Lisboa: Wctr, 2009. p. 1 - 22.

RODRIGUES, Ricardo Furtado. **Parques tecnológicos:** relações entre território e inovação e os desafios das políticas e práticas territoriais na criação de valor compartilhado. 2013. 143 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SANTA CATARINA. Lei nº 13.342, de 10 de janeiro de 2005. Dispõe sobre o Programa de Desenvolvimento da Empresa Catarinense. **Lex:** Florianópolis, Constituição.

SARITAS, Ozcan. Systemic foresight methodology. In: **Science, Technology and Innovation Policy for the Future**. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 83-117.

SARITAS, Ozcan; AYLEN, Jonathan. Using scenarios for roadmapping: The case of clean production. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 7, p. 1061-1075, 2010.

SARITAS, Ozcan; BURMAOGLU, Serhat. The evolution of the use of Foresight methods: a scientometric analysis of global FTA research output. **Scientometrics**, v. 105, n. 1, p. 497-508, 2015.

SARITAS, Ozcan; ONER, M. Atilla. Systemic analysis of UK foresight results: joint application of integrated management model and roadmapping. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 1, p. 27-65, 2004.

SCHENATTO, Fernando José Avancini. **Estratégia tecnológica para arranjos produtivos locais**: uma metodologia baseada na elaboração de estudos prospectivos. 2012. 192 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SCHULZE, Anja; MACDUFFIE, John Paul; TÄUBE, Florian A. Introduction: knowledge generation and innovation diffusion in the global automotive industry—change and stability during turbulent times. **Industrial and Corporate Change**, p. 1-9, 2015.

SIE. **Ferrovário**. Disponível em: <<http://www.sie.sc.gov.br/conteudo/ferroviario>>. Acesso em: 06 jul. 2015.

SINDIPEÇAS. Por dentro do setor. Disponível em: <<http://www.sindipecas.org.br/home/>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

SKULMOSKI, Gregory; HARTMAN, Francis; KRAHN, Jennifer. The Delphi method for graduate research. **Journal of Information Technology Education Research**, v. 6, n. 1, p. 1-21, 2007.

STRAUSS, Jeffrey D.; RADNOR, Michael; PETERSON, John W.. Plotting and navigating a non-linear roadmap: knowledge-based roadmapping for emerging and dynamic environments. **The Asia-Pacific Journal of Management**, p. 1-32, mar. 1998.

STURGEON, Timothy; BIESEBROECK, Johannes Van; GEREFFI, Gary. Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry. **Journal of Economic Geography**, v. 8, n. 3, p. 297-321, 2008.

TASCA, Jorge E.; ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra R. a avaliação de programas de capacitação: um estudo de caso na administração pública. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 3, 2012.

TECCHIO, E. L. *et al.* Cooperação Universidade-segmento empresarial: dificuldades e mecanismos facilitadores do processo. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF UNVIERSITY

MANAGEMENT IN LATIN AMERICA, 10, 2010, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata, 2010. p. 1-16.

UFSC. **Engenharia ferroviária e metروiária**. 2014. Disponível em: < <http://ferroviaria.joinville.ufsc.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

UNIDO. **UNIDO technology foresight manual**: organization and methods. Vienna: UNIDO, 2005. 260 p.

URIONA, Mauricio Maldonado. **Dinâmica de sistemas setoriais de inovação**: um modelo de simulação aplicado no setor brasileiro de software. 2012. 278 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

URIONA, Mauricio Maldonado; SANTOS, Raimundo N. M. dos; VARVAKIS, Gregorio. State of the art on the Systems of Innovation research: a bibliometrics study up to 2009. **Scientometrics**, v. 91, n. 3, p. 977-996, 2012.

VALEC. **EF-280/499/498**: Corredor ferroviário de Santa Catarina. Disponível em: < http://www.valec.gov.br/acoes_programas/CFSCItajaiHervalSaoMiguelDionsio.php>. Acesso em: 15 dez. 2015.

VASCONCELLOS, Roberto R. de; NETO, João A.. Fatores críticos na transferência de tecnologia no setor espacial: estudo de caso de programas de parceria das agências espaciais do Brasil (AEB) e dos EUA (NASA). **Produção**, v. 22, n. 4, p. 851-864, 2012.

VATANAN, Ronald S.; GERDSRI, Nathasit. The current state of technology roadmapping (TRM) research and practice. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 9, n.4, 20 p., 2012.

VAZ, Luiz F. H. *et al.* **Transporte sobre trilhos no Brasil**: uma perspectiva do material rodante. Brasília: BNDES, 2014. 48 p.

VENCOVSKY, Vitor Pires. **Ferrovia e logística do agronegócio globalizado**: avaliação das políticas públicas e privadas do sistema

ferroviário brasileiro. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Instituto de Geociências.

VIEIRA, C. L. S. Proposta de um modelo de implantação de tecnologias de informação e comunicação para prestadores de serviços logísticos. **Dissertação**, p. 181. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

VILAÇA, Rodrigo. **Balanco do transporte ferroviário de cargas no Brasil de 2013**. Brasília: ANFT, 2014. 38 p.

VISHNEVSKIY, Konstantin; KARASEV, Oleg; MEISSNER, Dirk. Integrated roadmaps and corporate foresight as tools of innovation management: the case of Russian companies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, p. 433-443, 2015.

VOROS, Joseph. A generic foresight process framework. **Foresight**, v. 5, n. 3, p. 10-21, 2003.

WEBER, K. Mattias. Foresight and adaptive planning as complementary elements in anticipatory policymaking: A conceptual and methodological approach. In: VOSS, Jan-peter; BAUKNECHT, Dierk;

KAMP, René (Ed.). **Reflexive governance for sustainable development**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008. p. 189-221.

WEBER, K. Matthias *et al.* Trade-offs between policy impacts of future-oriented analysis: experiences from the innovation policy foresight and strategy process of the City of Vienna. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 21, n. 8, p. 953-969, 2009.

WEGA. Empresa. Disponível em: <
<http://www.aerowega.com/empresa>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

WILLYARD, C. H.; MCCLEES, C. W. Motorola's technology roadmap process. **Research Management**, v. 30, n. 5, p. 13-19, 1987.

APÊNDICE A – PROCEDIMENTOS PARA A SELEÇÃO DOS ARTIGOS

Para a identificação dos artigos que serão utilizados para a constituição do referencial teórico, será aplicado o procedimento metodológico sugerido pelo Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão da UFSC (LABMCDA). De acordo com Vieira (2012), este método compreende oito etapas principais: definição da base de dados, definição das palavras-chave, busca e filtragem na base de dados, seleção dos artigos por alinhamento do título, seleção pelo reconhecimento científico, repescagem de referências excluídas, leitura de resumos e seleção dos artigos para compor o portfólio. Este método será utilizado por se tratar de uma ferramenta que identifica os aspectos mais relevantes e possibilita a geração de conhecimento sobre o tema pesquisado (TASCA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012).

Foram definidas três bases de dados para a pesquisa dos artigos sobre os três temas supracitados: Scopus, Web of Science e Scielo. A escolha das duas primeiras bases foram escolhidas por englobarem os periódicos que mais publicam em Engenharia de Produção. A terceira base foi escolhida por abranger periódicos científicos brasileiros.

Os Apêndices GG e HH resumem as etapas realizadas para a identificação dos artigos sobre TRM e funções do sistema de inovação, respectivamente. A pesquisa referente às funções do sistema de inovação buscou abranger apenas os termos que aparecessem no título dos artigos, uma vez que o objetivo aqui era identificar os artigos que se referiam às funções do sistema de inovações especificamente. Isto se deve também pelo fato do tema “sistema de inovação” ser muito abrangente, o que resultaria em uma lista de artigos desalinhados com o objetivo da pesquisa.

Também foi realizada uma pesquisa na base de periódicos da Capes, a fim de identificar teses e dissertações sobre o tema, como sugerido por Costa e Lima (2012). Não foram encontrados resultados relevantes sobre funções do sistema de inovações. Em relação a *technology roadmapping*, foram encontradas 10 dissertações/teses. A partir da leitura do resumo os trabalhos, selecionou-se 1 dissertação de mestrado, que continha informações que poderiam agregar esta dissertação. Além disso, foram considerados trabalhos e artigos indicados por professores e colegas do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da UFSC.

A pesquisa a respeito de TRM foi realizada no início de 2014. Dessa forma, a pesquisa foi repetida utilizando as mesmas técnicas em 2015. Nenhum resultado relevante foi encontrado.

Não foi realizada uma busca como a descrita acima para o outro tema central desta dissertação que compõe o referencial teórico: o *Innovation System Foresight*. Isto se deve por ser um termo adotado no ano de 2014, através do artigo dos autores Andersen e Andersen (2014) e, por este motivo, não foi necessária uma análise longitudinal. Foi realizada então uma verificação da literatura abrangida no artigo desses autores e realizada a busca de artigos que constituem aplicações do método de *foresight* em geral.

TRM	
Definição da base de dados	Bases: Web of Science, Scopus e Scielo
Definição das palavras-chave	Palavras-chave: "technolog* roadmap*" (title); "technolog* roadmap*" and "foresight"; e "technolog* roadmap*" and "forecast*" (title+abs+key)
Busca e filtragem na base de dados	Filtros
	Campo: article title/title+abs+key (topic)
	Subárea de pesquisa: social science or science technology and business economics or engineering or energy fuels or public administration or environmental sciences ecology or science technology other topics
	Idiomas: inglês e português
	Tipo de documento: artigo
	Período temporal: todos os anos
	Resultado após a exclusão dos duplicados: 301
Seleção dos artigos por alinhamento do título	Resultado: 136
Seleção pelo reconhecimento científico	Busca de citações: Google Scholar
	Regra de Pareto: 80,74% das citações corresponderam a 23,75% dos artigos
	Resultado: 32
Repescagem de referências excluídas	Seleção dos artigos por título/autores de interesse

	Foco nos artigos mais recentes: últimos 10 anos
	Resultado: 8
Leitura de resumos	Critérios: conceitos, características, vantagens/desvantagens, dificuldades/facilidades, estudos de caso
	Número de resumos lidos: 40
Seleção dos artigos para compor o portfólio	Resultado: 24

FUNÇÕES DO SISTEMA DE INOVAÇÃO	
Definição da base de dados	Bases: Web of Science, Scopus e Scielo
Definição das palavras-chave	Palavras-chave: "function*" and "innovation system\$" or "system\$ of innovation"
Busca e filtragem na base de dados	Filtros
	Campo: article title
	Subárea de pesquisa: social science or science technology and business economics or engineering or energy fuels or public administration or environmental sciences ecology or science technology other topics
	Idiomas: inglês e português
	Tipo de documento: artigo
	Período temporal: todos os anos
	Resultado após a exclusão dos duplicados: 53
Seleção dos artigos por alinhamento do título	Resultado: 33
Seleção pelo reconhecimento científico	Busca de citações: Google Scholar
	Regra de Pareto: 80,26% das citações corresponderam a 9,1% dos artigos
	Resultado: 3
Repescagem de referências excluídas	Seleção dos artigos por título/autores de interesse

	Foco nos artigos mais recentes: últimos 10 anos
	Resultado: 5
Leitura de resumos	Critérios: conceitos, características, vantagens/desvantagens, dificuldades/facilidades, estudos de caso
	Número de resumos lidos: 8
Seleção dos artigos para compor o portfólio	Resultado: 8

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA ADAPTADO AO MÉTODO PROPOSTO

INDÚSTRIAS EMERGENTES

INFORMAÇÕES GERAIS		
Nome:		
Cargo:		
INFORMAÇÕES SOBRE A EMPRESA		
Empresa:		
Área de atuação da empresa (CNAE):		
Quantidade de funcionários:		
<input type="checkbox"/> Entre 1 e 49	<input type="checkbox"/> Entre 50 e 500	<input type="checkbox"/> Acima de 500

ROTEIRO DE ENTREVISTA

1. **Atividades empreendedoras** contempla tanto novos entrantes, que identificam uma oportunidade no mercado, quanto empresas que diversificam suas estratégias de negócio. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação às atividades empreendedoras?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

2. **Desenvolvimento de conhecimento** contempla assuntos relacionados com a concorrência, perfil dos principais consumidores, mercados emergentes e potenciais e a situação das empresas do setor. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação ao desenvolvimento de conhecimento?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

3. **Difusão do conhecimento através de redes** contempla o desenvolvimento de conhecimento através da prática ou pesquisa, bem como investimentos em P&D e patentes. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação à difusão do conhecimento?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

4. **Orientação a pesquisa** contempla a escolha do foco dos investimentos em tecnologia dentre as opções existentes. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação à orientação a pesquisa?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

5. **Formação de mercado** contempla novas tecnologias que necessitam de proteção para serem aderida, bem como novos nichos tecnológicos de mercado introduzidos, novos incentivos fiscais ou novos padrões ambientais. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação à formação de mercado?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

6. **Mobilização de recursos** contempla os recursos humanos e financeiros necessários às atividades do sistema de inovação. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação à mobilização de recursos?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

7. **Criação de legitimidade** ao setor contempla a formação de lobby a fim de inserir uma nova tecnologia no sistema vigente. Como você avalia o setor de atividade da sua organização com relação à criação de legitimidade?

- a) Explique as razões
- b) Identifique os pontos fortes e oportunidades
- c) Identifique tendências

APÊNDICE C – TENDÊNCIAS IDENTIFICADAS PARA AS INDÚSTRIAS EMERGENTES

	Indústria Automotiva	Indústria Aeronáutica	Indústria Ferroviária
F1	Transporte de massa	Transporte de massa	Transporte de massa
	Sistemas autônomos	Sistemas autônomos	Sistemas autônomos
	Variedade de combinações e atributos oferecidos aos clientes	Aumento do número de passageiros e do volume de carga	Linhas regionais para transporte de cargas e passageiros
	Veículos compactos, eficientes, seguros e silenciosos	Aumento da oferta de aeronaves médias	Infraestrutura e logística para operadores independentes
	Design de interiores	Aviões executivos compactos	Diversificação dos produtos transportados
	Veículos elétricos e veículos híbridos	Aviação sem piloto	Intermodalidade
	Tração elétrica no transporte de massa	Incentivos para a aviação regional	Recuperação e modernização dos equipamentos
	Melhora dos padrões de infraestrutura e serviços	Aumento dos aeroportos dedicados à aviação geral	Novas opções tecnológicas nas soluções de infraestrutura (redes de túneis, trilhos tubulares, monorraias)
	Infraestrutura automatizada	-	Ampliação dos acessos a portos e aeroportos
F2	Controles rigorosos de emissões	Controles rigorosos de emissões	Controles rigorosos de emissões

	Fontes de energia alternativas	Fontes de energia alternativas	Fontes de energia alternativas
	Redução de ruídos	Redução de ruídos	Redução de ruídos
	Reciclagem de peças e logística reversa	Reciclagem de peças e logística reversa	Reciclagem de peças e logística reversa
	Fontes de energia aplicadas às tecnologias de propulsão híbrida ou exclusiva	Utilização de fibras de carbono, ligas de titânio e outros compósitos	Sistemas elétricos de tração
	Sistemas avançados para a Segurança veicular	Aplicação da nanotecnologia e novos materiais	Mudança automática de bitola
	Eletrônica Integrada	Aumento da capacidade de processamento, memória e sensoramento	Tecnologia para compartilhar vias de carga com passageiros
	Sistemas de aproveitamento de energia		Pesquisa básica, Pesquisa aplicada e Desenvolvimento de projetos
F3	Interação entre empresa e instituições de pesquisa	Interação entre empresa e instituições de pesquisa	Interação entre empresa e universidades e instituições de pesquisa
	-	-	Oferta de recursos alternativos para a mobilidade
F4	Serviços de certificação	Busca por certificação	-
F5	Redução nas emissões de gases tóxicos	Redução nas emissões de gases tóxicos	Internacionalização das normas de sustentabilidade
	Green Design	Internacionalização das normas de sustentabilidade	Novos acordos internacionais sobre a sustentabilidade

	Políticas rigorosas de regulação e legislação	Políticas de financiamento	Novas políticas de impacto ambiental
	Sistemas de taxaço para racionalizar períodos de alto congestionamento	-	-
	Legislação voltada à redução do impacto ambiental	-	-
F6	Busca por profissionais técnicos (engenharias)	Busca por profissionais técnicos (engenharias)	Busca por profissionais técnicos (engenharias)
	Oportunidades para a formação de profissionais	Oportunidades para a formação de profissionais	Oportunidades para a formação de profissionais
	Pessoas com capacidade de comunicação e trabalho em equipe	Déficit de profissionais para a indústria de manufatura aeronáutica	Dificuldade de adaptação aos novos postos de trabalho
	-	Capacidade de integrar tecnologias	-
F7	-	-	-

Fonte: FIESC (2014c).

APÊNDICE D – TÉCNICAS DE FACILITAÇÃO DOS WORKSHOPS

1º Dia

Passo 1 14:00 Introdução

Objetivo	Introduzir os participantes e explicar a metodologia de <i>foresight</i> e <i>roadmap</i> .
Atividades	Introdução a Rota estratégica para as indústrias emergentes.
Flexibilidade	O processo pode demorar mais tempo para grupos maiores e pode ser estendido para incluir mais discussões sobre a metodologia utilizada.

Workshop 1 - Acessar a funcionalidade do sistema

Passo 2 14:30 Apresentar a situação atual das indústrias

Objetivo	Contextualizar a situação atual das indústrias.
Atividades	Apresentações.
Flexibilidade	O tempo de apresentação pode ser estendido a fim de discutir os aspectos atuais de cada uma das funções do SI das indústrias emergentes.

Passo 3 15:00 Discutir os pontos negativos das indústrias

Objetivo	Identificar os pontos negativos de cada indústria emergente no contexto atual.
Atividades	<i>Brainstorming</i> utilizando Post-it® amarelo.
Flexibilidade	Para <i>workshops</i> mais longos, podem-se explorar os pontos negativos de cada aspecto atual de cada função do sistema de inovação.

Facilitação Os representantes de cada mesa tinham a missão de estimular discussões e manter a mesa focada em gerar frases focadas nos pontos negativos.

Passo 4 15:15 Discutir os pontos positivos das indústrias

Objetivo Identificar os pontos positivos de cada indústria emergente no contexto atual.

Atividades *Brainstorming* utilizando Post-it® azul.

Flexibilidade Para *workshops* mais longos, podem-se explorar os pontos positivos de cada aspecto atual de cada função do sistema de inovação.

Facilitação Os representantes de cada mesa tinham a missão de estimular discussões e manter a mesa focada em gerar frases focadas nos pontos negativos.

Passo 5 15:30 Break

Atividades Lanche e *networking*.

Workshop 2 – Construir a visão

Passo 6 16:00 Apresentar as tendências para as indústrias

Objetivo Fornecer elementos que contribuam para uma visão global de futuro das indústrias emergentes.

Atividades Apresentações.

Flexibilidade Para *workshops* mais longos, pode-se explorar as tendências dos setores sobre a ótica de cada função do sistema de inovação.

Passo 7 16:30 Construir a visão

Objetivo Definir palavras-chave ou pequenas frases sobre o futuro desejado para cada indústria emergente.

Atividades *Brainstorming* utilizando Post-it® laranja.

Flexibilidade	Para indústrias que estejam em um estágio mais avançado de desenvolvimento, pode-se discutir objetivos do processo para cada função do sistema de inovação.
Facilitação	Os representantes de cada mesa tinham a missão de estimular discussões e manter a mesa focada em gerar palavras-chave ou mini frases.
Passo 8	17:30 Consolidar as palavras-chave e mini frases em visões de 8 anos no futuro das indústrias emergentes
Objetivo	Consolidar as visões de futuro de cada indústria emergente.
Atividades	Discussão entre os facilitadores do <i>workshop</i> .
Flexibilidade	No caso de possuir mais flexibilidade de tempo e dos especialistas participantes dos workshops, recomenda-se discutir as visões consolidadas em uma sessão separada dos <i>workshops</i> .
Facilitação	Para esta etapa, os especialistas foram liberados e os facilitadores dos <i>workshops</i> se reuniram para analisar qualitativamente as palavras-chave e mini frases identificadas. Neste processo, os termos duplicados foram excluídos e as palavras-chave e mini frases foram elencadas para a etapa de consolidação destas em única visão de futuro para cada indústria.

Workshop 3 – Identificar os mecanismos de indução e bloqueio

Passo 9	10:00 Identificar os fatores de indução e bloqueio considerando as visões de futuro das indústrias
Objetivo	Identificar os fatores que induzem e bloqueiam cada sistema de inovação
Atividades	<i>Brainstorming</i> utilizando Post-it® cor rosa.
Flexibilidade	Para workshops mais longos, pode-se fornecer mais tempo para a discussão dos fatores de bloqueio e

indução, considerando as funções do sistema de inovação.

Facilitação Os representantes de cada mesa tinham a missão de estimular discussões e manter a mesa focada em apontar os fatores de indução de bloqueio de cada sistema de inovação.

Passo 10 10:40 Break

Atividades Lanche e *networking*.

Workshop 4 – Especificar as questões políticas chave

Passo 11 13:00 Discutir as políticas chave para o período de 8 anos

Objetivo Apontar políticas chave considerando os fatores de indução e bloqueio dos sistemas.

Atividades *Brainstorming* utilizando Post-it® verde.

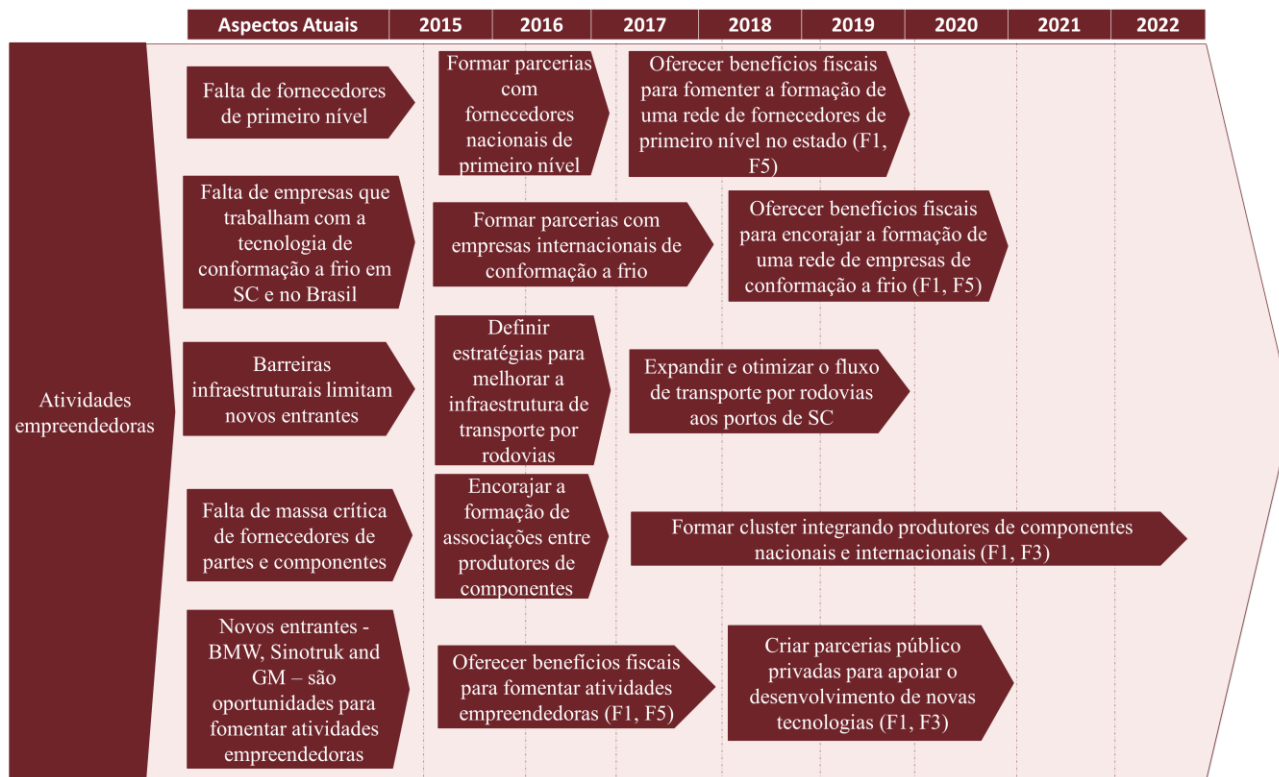
Flexibilidade Para workshops mais longos, pode-se fornecer mais tempo para a discussão das políticas chave para o desenvolvimento dos sistemas de inovação.

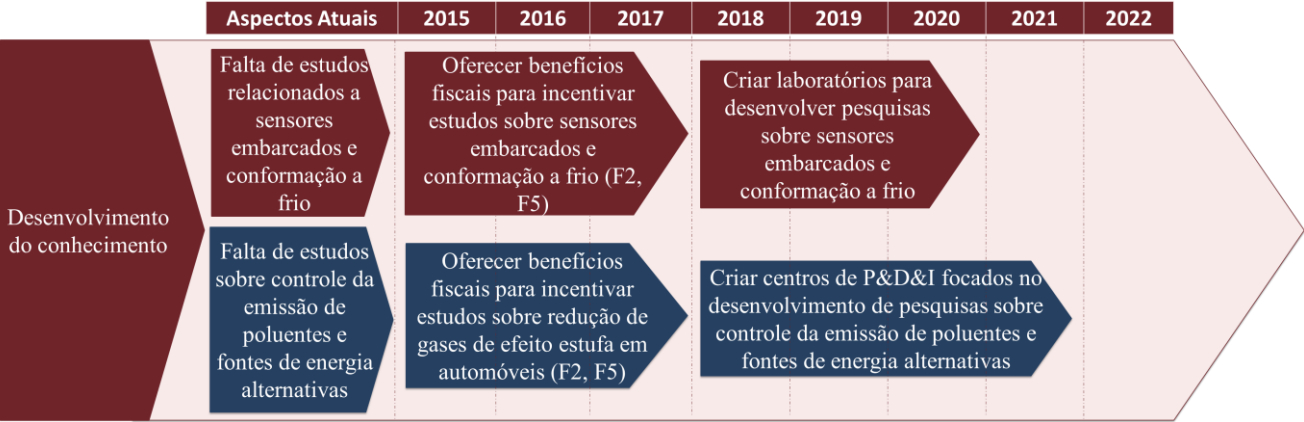
Facilitação Os representantes de cada mesa tinham a missão de estimular discussões e manter a mesa focada em apontar os fatores de indução de bloqueio de cada sistema de inovação.

Passo 12 14:30 Fechar evento

Facilitação Agradecimento aos participantes e instruções finais quanto à divulgação do *roadmap* final.

APÊNDICE E – TRM DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

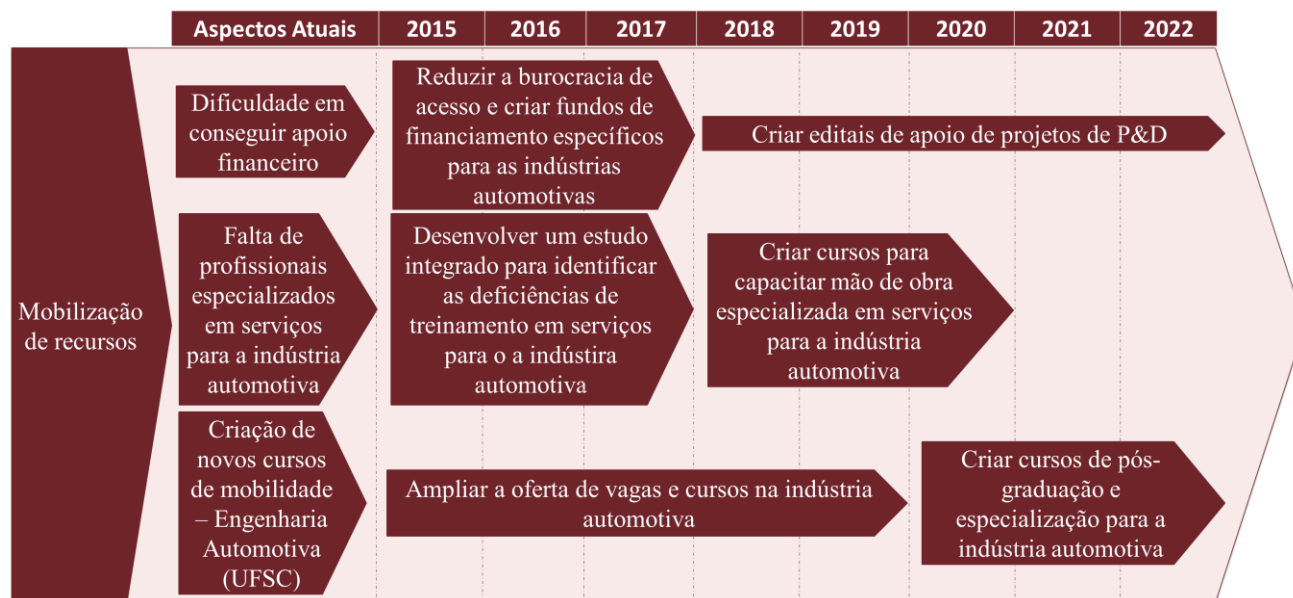






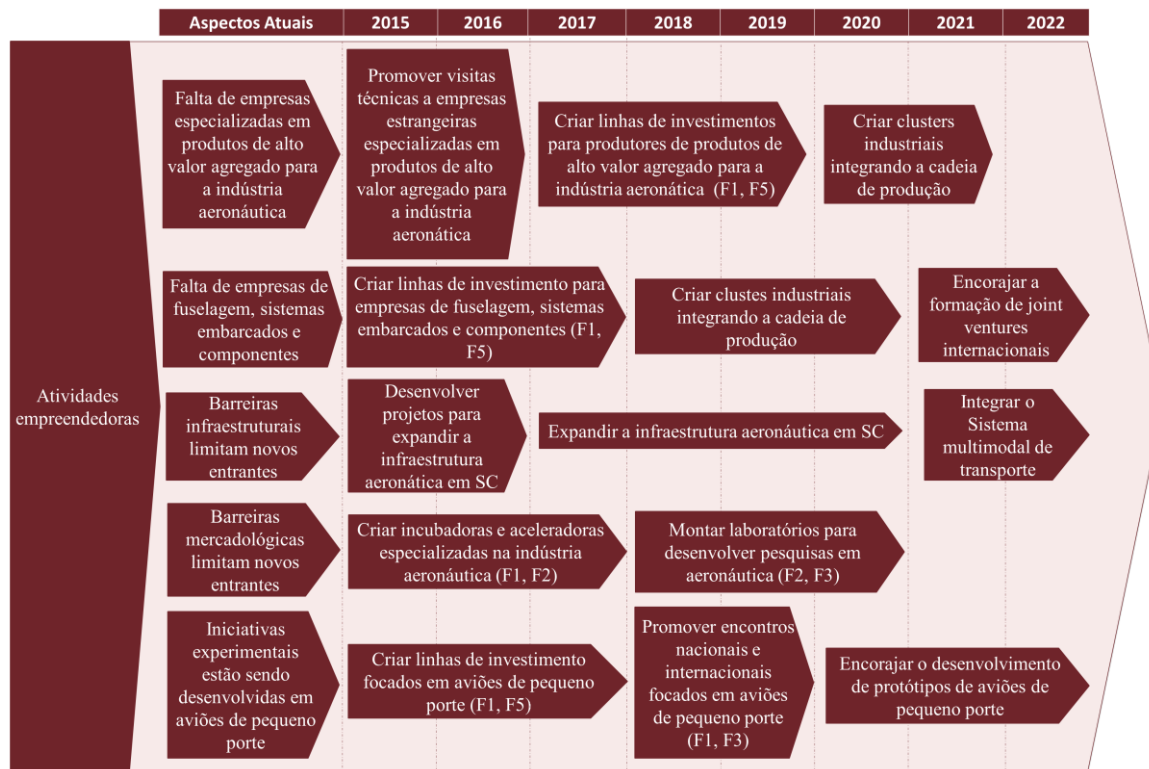




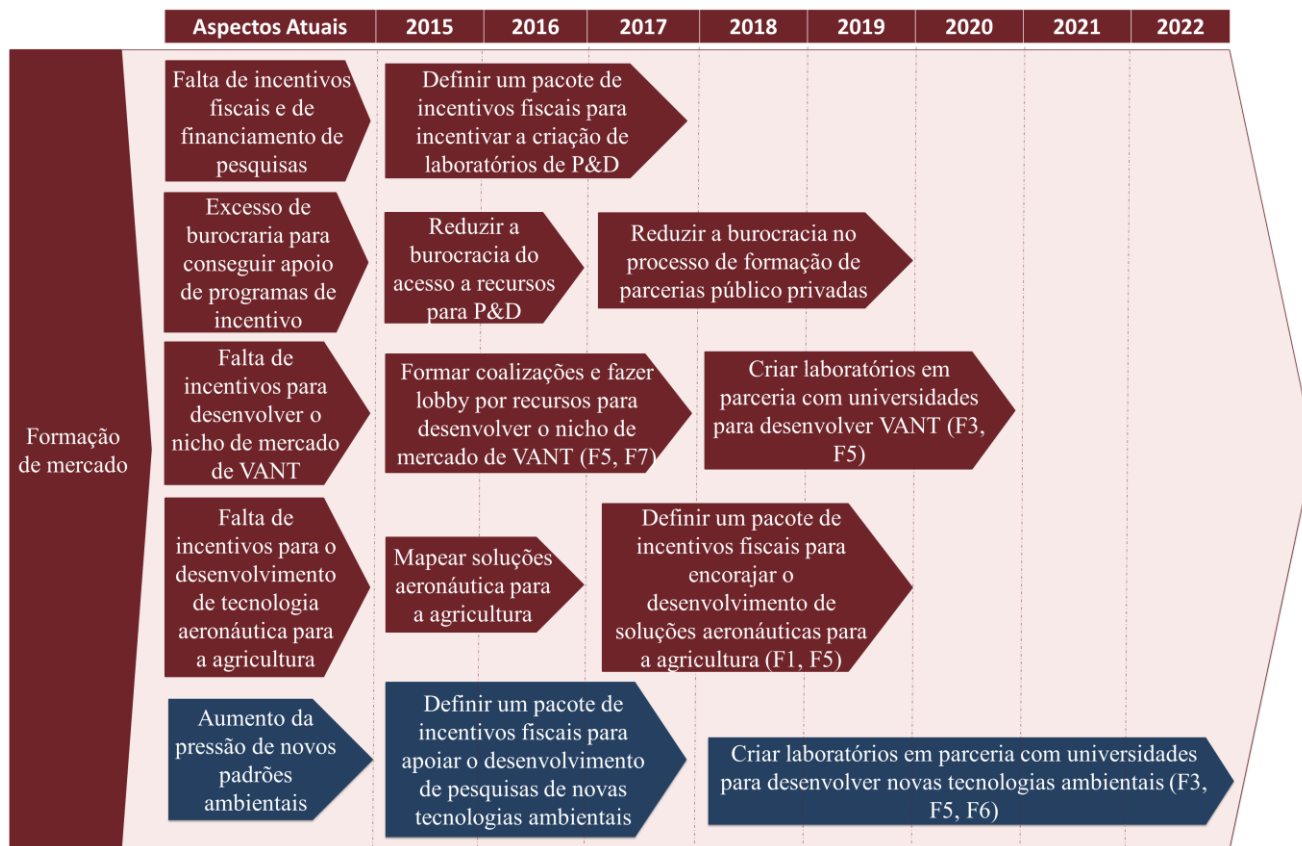


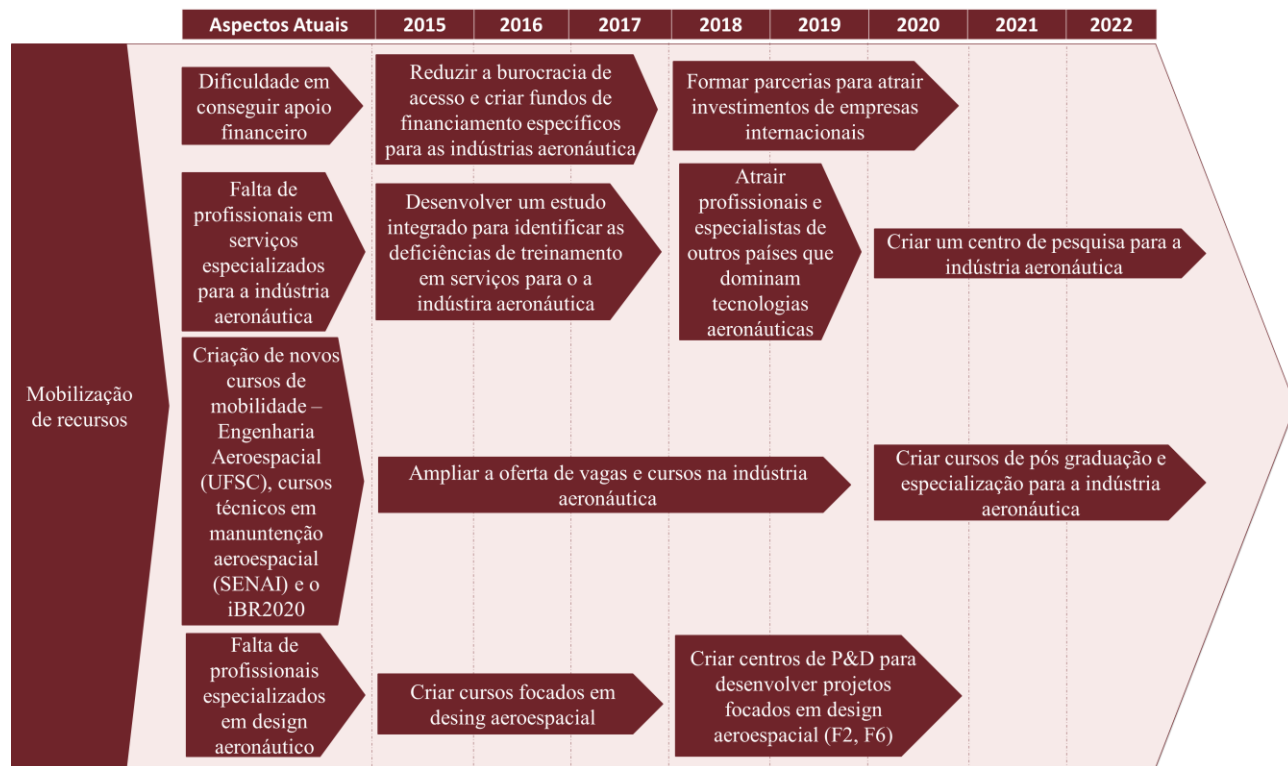


APÊNDICE F – TRM DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA











APÊNDICE G – TRM DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA











